

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

**Hydraulický pohon napínání pásu pro  
pneumatiky**  
**Hydraulic Drive of Belt Tensioner for Tires**

Student:

Bc. Tomáš Bajtek

Vedoucí diplomové práce:

Dr.Ing. Miroslav Bova

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Tomáš Bajtek**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2302T043 Hydraulika a pneumatika  
Téma: **Hydraulický pohon napínání pásu pro pneumatiky**  
**Hydraulic Drive of Belt Tensioner for Tires**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte přehled výroby gumo-textilních a gumo-kordových pásů pro výrobu v automobilovém průmyslu.
2. Pro vybraný problém navrhnete koncepční technické řešení.
3. Proveďte potřebné technické a pevnostní výpočty.
4. Vyřešte kinematiku pohonu.
5. Zpracujte vybrané řešení do formy projektu a výrobní dokumentace.
6. Zpracujte návod na obsluhu a údržbu zařízení.

Seznam doporučené odborné literatury:

SIVÁK, V. *Projektování hydraulických systémů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990. 333 s. ISBN 80-7078-037-1.

PIVOŇKA, J. a kol. *Tekutinové mechanismy*. Praha: SNTL, 1987. 623 s.

KOPÁČEK, J. *Hydrostatické převodové mechanismy*. Praha: SNTL, 1986. 272 s.


PAVLOK, B., HRUŽÍK, L., BOVA, M. *Hydraulická zařízení strojů*. Ostrava: VŠB-TUO, 2007. 116 s. Projektční podklady firmy Interfluid.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

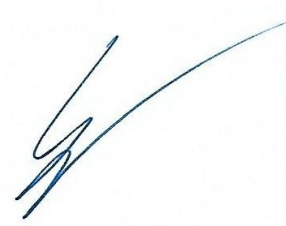
Vedoucí diplomové práce: **Dr. Ing. Miroslav Bova**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

  
doc. Dr. Ing. Lumír Hružík  
vedoucí katedry

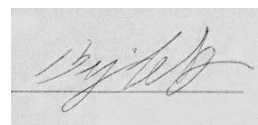


  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

#### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21.5.2018

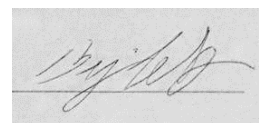
A rectangular box containing a handwritten signature in dark ink, written over a horizontal line.

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita báňská (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmů z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, který je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21.5.2018



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Tomáš Bajtek

Adresa trvalého pobytu autora práce: Nýdek 351, Nýdek, 739 95

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

BAJTEK, T. *Hydraulický pohon napínání pásu pro pneumatiky: Diplomová práce.*  
Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra  
hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2018, 62 s. Vedoucí práce: Dr.  
Ing. Miroslav Bova.

Předmětem této diplomové práce je navrhnout pohon napínání pásu pro pneumatiky. Teoretická část věnuje pozornost historii a výrobě pneumatik. V úvodu praktické části jsou provedeny návrhy variant řešení. Praktická část diplomové práce se zaměřuje na technické výpočty zvolené varianty. Dle výpočtů je zvolen příslušný přímočarý hydromotor a ostatní prvky zařízení. Přímočarý hydromotor zajišťuje dostatečné předpětí a požadovanou rychlost pásu. Pro tento zvolený hydromotor je vytvořena výkresová dokumentace. V závěru diplomové práce najdeme vypracovaný návod na obsluhu a údržbu zařízení.

## **ANNOTATION OF MASTER THESIS**

BAJTEK, T. *Hydraulic Drive of Belt Tensioner for Tires: Master Thesis.*  
Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering,  
Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, 2018, 62 p. Thesis  
supervisor: Dr. Ing. Miroslav Bova.

The purpose of this master thesis is to design a belt tensioning drive for tires. Theoretical part of this work pays attention to the history and manufacture of tires. At the beginning of the practical part, variants of solutions are suggested. The rest of the practical part of the work is then focused on technical calculations of the chosen variant. In accordance with the calculations appropriate linear hydraulic motor and other components are chosen. The linear hydraulic motor provides sufficient preload and the required belt speed. For the chosen hydraulic motor, the drawing documentation is created. At the end of the master thesis a manual for the service and maintenance of the device is elaborated.

## **Obsah:**

<b>Seznam použitých značek a symbolů</b>	<b>10</b>
<b>1. Úvod</b>	<b>12</b>
<b>2. Pneumatiky</b>	<b>13</b>
2.1 Historický vývoj pneumatik.....	13
2.1.1 Vynález kola.....	13
2.1.2 Gumové pneumatiky .....	14
2.1.3 První patenty.....	15
2.1.4 Současné pneumatiky .....	15
2.2 Konstrukční prvky pneumatik .....	16
2.2.1 Korunní kordová vrstva (nárazník) .....	17
2.2.2 Běhoun.....	17
2.2.3 Radiální kordová vrstva (kostra) .....	17
2.2.4 Bočnice .....	18
2.2.5 Vnitřní gumová vrstva.....	18
2.2.6 Patka .....	19
2.2.7 Patní lano .....	19
2.3 Typy plášťů.....	20
2.3.1 Podle konstrukce kostry .....	20
2.3.2 Podle provedení .....	21
2.3.3 Podle použití .....	21
2.4 Značení pneumatik.....	22
<b>3. Výroba automobilových pneumatik</b>	<b>23</b>
3.1 Výstužné materiály .....	23
3.1.1 Ocelové kordy .....	24

3.1.2	Textilní kordy .....	24
3.2	Kaučukové směsi .....	24
3.2.1	Přírodní kaučuk .....	24
3.2.2	Syntetický kaučuk .....	25
3.2.3	Složení kaučukové směsi.....	25
3.3	Míchání kaučukových směsí.....	25
3.4	Vytlačování .....	26
3.5	Válcování polotovarů z kaučukové směsi .....	27
3.6	Pogumování textilního a ocelového kordu .....	28
3.6.1	Nánosování ocelového kordu .....	28
3.6.2	Nánosování textilního kordu .....	29
3.7	Kompletace pneumatik (konfekce).....	30
3.8	Lisování a vulkanizace pneumatik.....	31
3.9	Výstupní kontrola pneumatik.....	31
<b>4.</b>	<b>Problematika</b>	<b>32</b>
4.1	Varianty řešení .....	32
4.1.1	Řešení pomocí kuličkových šroubů.....	33
4.1.2	Řešení pomocí ozubených hřebenů .....	33
4.1.3	Řešení pomocí hydraulických válců.....	34
4.2	Porovnání jednotlivých variant, volba řešení .....	35
<b>5.</b>	<b>Technické a pevnostní výpočty</b>	<b>36</b>
5.1	Kinematika pohonu.....	37
5.2	Volba přímočarého hydromotoru.....	37
5.2.1	Přepočet hmotnosti na sílu.....	37
5.2.2	Výpočet plochy mezikruží přímočarého hydromotoru.....	37
5.2.3	Skutečná plocha mezikruží.....	37
5.2.4	Skutečný tlak na mezikruží .....	38

5.2.5	Kontrola přímočarého hydromotoru.....	38
5.3	Návrh elektromotoru a hydrogenerátoru.....	38
5.3.1	Výpočet maximálního průtoku .....	39
5.4	Návrh akumulátoru .....	39
5.4.1	Požadovaný využitelný objem akumulátoru .....	39
5.4.2	Plnicí tlak akumulátoru.....	39
5.4.3	Objem akumulátoru .....	39
5.4.4	Skutečný objem akumulátoru po korekci .....	40
5.5	Návrh chladiče .....	41
5.5.1	Volba nádrže.....	41
5.5.2	Teplo odvedené nádrží .....	41
5.5.3	Teplo z provozu hydrogenerátoru .....	41
5.5.4	Ztrátový výkon na proporcionálním redukčním ventilu.....	42
5.5.5	Tlakový spád na prvcích.....	42
5.5.6	Teplo přivedené prvky.....	43
5.5.7	Celkový ztrátový výkon .....	43
5.5.8	Ustálená teplota .....	43
5.5.9	Potřebný výkon chladiče .....	43
5.6	Návrh čerpadla pro chladicí okruh.....	44
5.7	Ověření zvoleného chladiče.....	44
5.7.1	Výstupní teplota oleje.....	44
5.7.2	Střední teplotní spád .....	44
5.7.3	Průtok vody .....	45
5.7.4	Teplosměnná plocha chladiče.....	45
5.7.5	Počet potřebných desek .....	45
5.7.6	Výpočet rezervy chladiče .....	45



6.1	Technický popis .....	46
<b>7.</b>	<b>Obsluha a údržba zařízení</b>	<b>47</b>
7.1	Funkční schéma .....	47
7.2	Specifikace prvků .....	48
7.3	Popis agregátu.....	49
7.4	Volné díly: .....	50
7.5	Technické parametry: .....	51
7.6	Uvedení do provozu.....	51
7.7	Provozní podmínky hydraulických válců .....	52
7.8	Obsluha, ošetřování a údržba .....	52
7.9	Požadavky na obsluhu a údržbu.....	53
7.9.1	Obsluha zařízení .....	53
7.9.2	Údržba zařízení.....	54
7.10	Zásady pro dodržování bezpečnosti práce .....	54
7.11	Objednávání náhradních dílů .....	55
7.12	Řešení problémů.....	55
<b>8.</b>	<b>Fotodokumentace z realizace projektu</b>	<b>56</b>
<b>9.</b>	<b>Závěr</b>	<b>57</b>
<b>10.</b>	<b>Literatura</b>	<b>59</b>
	<b>Přílohy</b>	<b>62</b>

## Seznam použitých značek a symbolů

### Značení veličin a jednotek

ZNAČKA	VELIČINA	JEDNOTKA
$D$	Průměr pístu	$m$
$d$	Průměr pístnice	$m$
$V_N$	Objem nádrže	$dm^3$
$S_N$	Plocha nádrže	$m^2$
$F$	Zatěžující síla	$N$
$g$	Tíhové zrychlení	$m \cdot s^{-2}$
$\kappa$	Adiabatický exponent dusíku	1
$m$	Zatížení válce	$kg$
$n$	Otáčky elektromotoru	$min^{-1}$
$P$	Výkon elektromotoru	$W$
$p_1$	Pracovní tlak	$Pa$
$p_{1SK}$	Skutečný tlak na mezikruží	$Pa$
$p_{pv}$	Nastavený tlak na pojistném ventilu	$Pa$
$Q_G$	Průtok hydrogenerátoru	$m^3 s^{-1}$
$Q_{Gmax}$	Maximální průtok hydrogenerátoru	$m^3 s^{-1}$
$t$	Požadovaná doba dodávky průtoku	$s$
$S_1$	Plocha na mezikruží	$m^2$
$S_{1SK}$	Skutečná plocha na mezikruží	$m^2$
$V_g$	Geometrický objem hydrogenerátoru	$cm^3$
$V_{gSK}$	Skutečný geometrický objem čerpadla	$cm^3$
$v$	Rychlost zasouvání pístnice	$m \cdot s^{-1}$
$\Delta V$	Požadovaný využitelný objem akumulátoru	$dm^3$
$p_2$	Maximální pracovní tlak zařízení	$MPa$
$\Delta V_s$	Využitelný objem akumulátoru	$dm^3$
$p_0$	Plnicí tlak akumulátoru	$MPa$
$V_{0ideal}$	Objem akumulátoru	$dm^3$
$V_{0real}$	Skutečný objem akumulátoru po korekci	$dm^3$
$t_0$	Teplota okolí	$^{\circ}C$
$\alpha$	Součinitel prostupu tepla	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
$\pi$	Ludolfovo číslo	1
$t_{ust}$	Ustálená teplota oleje	$^{\circ}C$
$\phi_N$	Teplo odevzdané nádrži	$kW$
$Q_{lekaž}$	Lekáží průtok hydrogenerátoru	$dm^3 \cdot min^{-1}$
$c_1$	Časový faktor hydrogenerátoru	1
$P_{ZHG}$	Teplo z provozu hydrogenerátoru	$kW$

ZNAČKA	VELIČINA	JEDNOTKA
$c_2, c_3$	Časový faktor redukčního ventilu	1
$Q_{RV90}$	Průtok redukčním ventilem	$dm^3 \cdot min^{-1}$
$\Delta p_{RV}$	Tlaková ztráta na redukčním ventilu	$Mpa$
$P_{ZRV10,90}$	Ztrátový výkon na redukčním ventilu	$kW$
$\Delta p_{SV}$	Tlakový spád na solenoidovém ventilu	$MPa$
$g\Delta p_{OV}$	Tlakový spád na odlehčovacím ventilu	$MPa$
$\Delta p_{celk}$	Tlakový spád na všech prvcích	$MPa$
$P_{Zprvky}$	Teplo přivedené prvky	$kW$
$P_{Zcelk}$	Celkový ztrátový výkon	$kW$
$t_{ust}$	Ustálená teplota oleje	$^{\circ}C$
$P_{CH}$	Potřebný výkon chladiče	$kW$
$P_{CHV}$	Volený výkon chladiče	$kW$
$Q_{\check{c}}$	Průtok elektročerpadla	$dm^3 \cdot min^{-1}$
$P_{\check{c}}$	Výkon elektročerpadla	$kW$
$k$	Koeficient přestupu tepla chlad.	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
$n_Z$	Počet zvolených desek chladiče	1
$B\delta$	Plocha desky chladiče	$m^2$
$c_v$	Měrné teplo vody	$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
$\rho_v$	Hustota vody	$kg \cdot m^3$
$t_{v \rightarrow}$	Vstupní teplota vody	$^{\circ}C$
$t_{v \leftarrow}$	Výstupní teplota vody	$^{\circ}C$
$c_o$	Měrné teplo oleje	$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
$\rho_o$	Hustota oleje	$kg \cdot m^3$
$t_{o \rightarrow}$	Vstupní teplota oleje	$^{\circ}C$
$t_{o \leftarrow}$	Výstupní teplota oleje	$^{\circ}C$
$\Delta t_s$	Střední teplotní spád	1
$Q_o$	Průtok vody	$dm^3 \cdot min^{-1}$
$S_{ch}$	Teplosměnná plocha chladiče	$m^2$
$n_p$	Potřebný počet desek chladiče	1
$R_{ch}$	Rezerva chladiče	%

### Zkratky

ZKRATKA	VÝZNAM
cca	Cirka (přibližně)
HV	Hydraulické válce
PČH	Přímočarý hydromotor
RV	Redukční ventil

# 1. Úvod

V dnešní době je průmyslová hydraulika hojně využívána u většiny zařízení, které manipulují s těžkými břemeny. Výhodou použití hydraulických systémů není jen možnost přenosu velkých sil, ale také jednoduché řízení a nízké zástavbové prostory v porovnání s čistě mechanickými pohony.

Tato práce se zabývá návrhem hydraulického pohonu pro vyrovnávací zásobník kordového pásu. Vyrovnávací zásobník kordového pásu je zařízení o dvou soustavách válců, mezi kterými je napnutý kordový pás. Změnou vertikální vzdálenosti soustav válců dojde ke kompenzaci toku materiálu při zastavení navíjecího místa z důvodu výměny balíků. Při výměně balíku pogumovaného kordu linka zaplňuje zásobník. Díky těmto zásobníkům dochází k výměně balíků, aniž by bylo nutné linku zpomalit, nebo zastavit. Jednou z podmínek správného chodu vyrovnávacího zásobníku je dostatečné předpětí kordového pásu a zajištění požadované rychlosti.

Jedním z cílů této práce je teoretické zpracování historie a výroby pneumatik. Hlavní důraz bude kladen na návrh hydraulického pohonu napínání kordového pásu u vyrovnávacího zásobníku. Součástí práce bude zpracovaná kinematika pohonu a potřebné technické výpočty pro návrh jednotlivých částí hydraulického obvodu. Další částí práce je vytvoření výkresové dokumentace. Ta bude obsahovat funkční schéma hydraulického obvodu a kompletní výrobní dokumentaci přímočarého hydraulického motoru. V závěru práce bude vytvořen návod na obsluhu a údržbu zařízení včetně specifikace prvků.

## 2. Pneumatiky

Hlavní úkol pneumatik je přenos sil, které slouží k pohonu, brždění a vedení vozidla. Dalším úkolem je schopnost nést určitou zátěž. Při plnění těchto úkolů musí mít pneumatiky schopnost pohlcovat nerovnosti na komunikacích s různorodým povrchem a zajistit hladkou a bezpečnou jízdu bez vibrací. Požadavky jako pohlcování nerovnosti a hladká jízda jsou navzájem protichůdné. Pohlcování nerovností vyžaduje pružnost a ohebnost pneumatiky. Předpokladem pro hladkou jízdu je konstantní účinný rozměr pneumatiky. Za jízdy na mokré vozovce musí být zaručený bezpečný odvod vody z míst, kde dochází ke styku pneumatiky s vozovkou. Toto lze zaručit, pokud je pneumatika vybavena vzorkem s dostatečným počtem a šířkou drážek. Pokud je poměr celkové plochy drážek k ploše vzorku větší, zvyšuje se hlučnost a náchylnost na opotřebení při jízdě. Při výběru tvrdosti směsi pro výrobu pneumatik stojí proti sobě tvrdá směs zaručující nízký valivý odpor, malé opotřebení, boční stabilitu a měkká směs přinášející lepší přilnavost a účinnější pohlcování nerovností vozovky. Různé tvarové a materiálové variace jednotlivých konstrukčních prvků se starají o vzájemné vyvážení těchto a protichůdných vlastností pneumatik [1].

### 2.1 Historický vývoj pneumatik

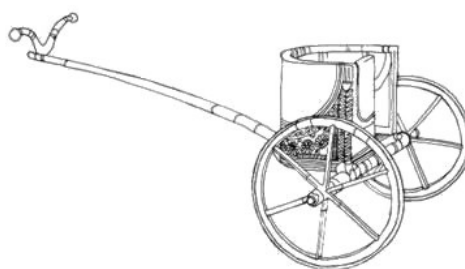
#### 2.1.1 Vynález kola

Domněnky praví, že předchůdcem kola jsou klády podkládané pod břemeno (zkušenost, že valivý odpor je mnohonásobně menší než odpor smykového tření). Z historie víme, že kolo vynalezli Sumérové asi 3000 let před naším letopočtem. Dnes existují indicie nasvědčující tomu, že kolo je značně starší (4500 i více let př. n. l.) a objevilo se v různých oblastech včetně Evropy. První kola byla plná, vyrobená buď z jednoho kusu dřeva, nebo je tvořily dřevem, provazy, později bronzovými kramlemi pospojované dřevěné desky přitesané do kruhového tvaru. Podobná dodnes najdeme u kár na Pyrenejském poloostrově či v Asii. Už u plných kol (obr. 1) se objevil náboj [2].



Obr. 1 Náboj u plných kol [3]

Kolem r. 2000 př. n. l. se u bojových vozů v oblasti Mezopotámie objevilo významné zdokonalení – paprskové kolo. Skládalo se z náboje, 6-8 paprsků a obvodových loukotí pobitých kovem. Představovalo výrazné odlehčení a odpružení a podstatně zvýšilo manévrovací schopnosti. Celá staletí se technologie nezměnila, takové kolo se dožilo i počátků motorizované dopravy. První automobily nebyly nic jiného než motorizované kočáry [2].



Obr. 2 Paprskové kolo [4]

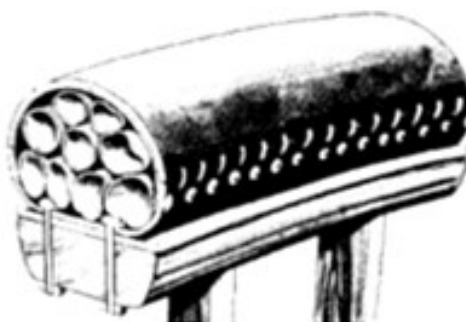
Při vyrábění automobilů se brzy ukázalo, že dřevěná kola s obručí brání vývoji. Dřevěná kola bránila zvýšení rychlosti a průchodnosti terénem u tehdejších automobilů. Na špatných jízdních vlastnostech se také podílel parní stroj s nízkým výkonem a nezpevněné silnice, do kterých se bořila kola těžkého vozidla [5].

### **2.1.2 Gumové pneumatiky**

Roku 1839 Charles Goodyear objevil, že přimísením síry do roztaveného latexu dostane kvalitní pevný a dostatečně pružný materiál (vulkanizovaný kaučuk). Tento materiál sloužil pro pneumatiky jízdních kol a kočárků [6].

### **2.1.3 První patenty**

Robert William Thomson v roce 1845 si jako první nechal patentovat gumové pneumatiky. První patent na pneumatiky spočíval ve spojení tenkých nafouknutých trubek do jednoho pláště, který byl připevněn na dřevěné kolo. Výhodou této pneumatiky bylo, že odolala i několika defektům pneumatiky a umožňovala jízdu za různých podmínek. Výroba těchto pneumatik byla složitá a nákladná. Problémem bylo, že jízdní prostředky v této době nebyly natolik rozšířené, aby jeho patent získal praktické uplatnění. Proto tento patent upadl v zapomnění [6].



Obr. 3 První patent na pneumatiky [6]

S dalším patentem na moderní, vzduchem plněné pneumatiky přišel v roce 1888 John Boyd Dunlop. Dunlopův patent se výborně uplatnil při sériové výrobě jízdních kol a od roku 1906 také v letectví. Kolem roku 1891 bratři Michelinové vynalezli první odnímatelné pneumatiky. Pneumatiky byly upevněné na vnějším prstenci oddělené trubkové osy, které se montovaly na masivní příruby [6].

### **2.1.4 Současné pneumatiky**

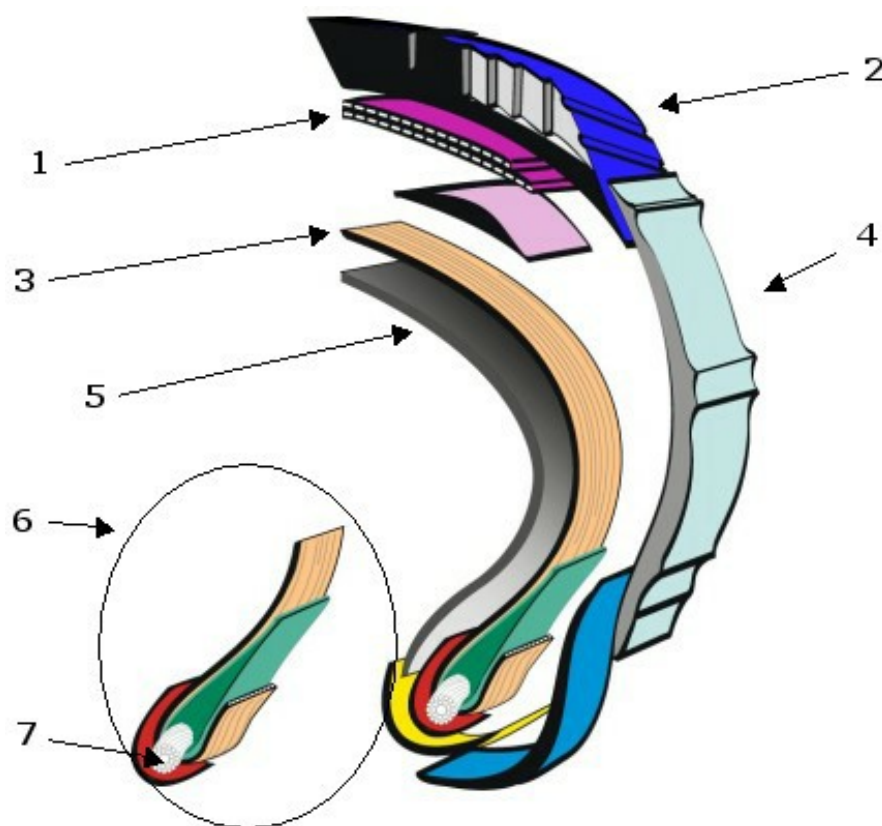
Nejvýznamnější změny ve vývoji pneumatik nastaly ve 20. století. K vývojovému posunu napomohly obě světové války, kdy byla prioritou motorizace vojsk. Dnešní pneumatiky se vyrábějí pro různorodé povrchy, poskytují dostatečný komfort, bezpečí při jízdě a dostatečnou odolnost. Mezi klíčovými momenty 20. století ve vývoji pneumatik nelze přehlédnout dvě přelomové události:

- Roku 1948 firma Michelin vyvíjí radiální pneumatiky s dokonalou přilnavostí.
- Roku 1972 firma Dunlop přichází na trh s prvním modelem bezdušové pneumatiky [6].

## 2.2 Konstrukční prvky pneumatik

Každá pneumatika je složena ze tří hlavních komponentů: pryž (80-85%), různá vlákna (12-15%) a ocelový kord (2-3%). Soudobá pneumatika je v podstatě vyztužený pryžový kompozit. Strukturu složení pneumatiky můžeme vidět na obrázku 4.

Základními surovinami pro výrobu pneumatik jsou: elastomery (přírodní nebo syntetické kaučuky), přísady do kaučukových směsí, kordy z přírodních a chemických vláken, kordy z ocelových vláken a ocelové patní lano [7].



Obr. 4 Konstrukce pneumatik [7]

1 – korunní kordová vrstva, 2 – běhoun, 3 – radiální kordová vrstva, 4 – bočnice,  
5 – vnitřní gumová vrstva, 6 – patka, 7 – patní lano



### **2.2.1 Korunní kordová vrstva (nárazník)**

Tvoří přechod mezi kostrou pláště a běhounem. Jeho úkolem je stabilizace běhounu v obvodovém směru a zvyšování odolnosti pláště proti průrazu. U osobních automobilů se používají většinou dvě nárazníkové vrstvy. Radiální pneumatiky mají dnes již téměř výhradně nárazník z ocelového kordu.



Obr. 5 Nárazník [7]

### **2.2.2 Běhoun**

Je důležitou částí pláště, který je opatřen vzorkem. Běhoun zajišťuje styk kola s vozovkou. Tloušťka běhounu má vliv na zahřívání pneumatiky. Běhoun by měl být co nejtenčí z důvodu energetických ztrát a opotřebení.



Obr. 6 Běhoun [7]

### **2.2.3 Radiální kordová vrstva (kostra)**

Kostra je tvořena kordovými vložkami. Kompozice a struktura těchto vložek určuje základní vlastnosti pneumatiky. V průběhu vývoje pneumatik se měnil materiál a

systém kladení. Podle složení kordové vrstvy dělíme pneumatiky na diagonální a radiální.



Obr. 7 Kostra [7]

#### **2.2.4 Bočnice**

Bočnice zajišťuje ochranu kostry před vnějšími vlivy. Vyrábí se z přírodního kaučuku, aby vydržela mnohonásobný ohyb.



Obr. 8 Bočnice [7]

#### **2.2.5 Vnitřní gumová vrstva**

Úkolem této vrstvy je zabránit úniku vzduchu z vnitřku pláště. U bezdušových pneumatik slouží jako duše. Vyrábí se z Butylového kaučuku.



Obr. 9 Vnitřní gumová vrstva [7]

### 2.2.6 Patka

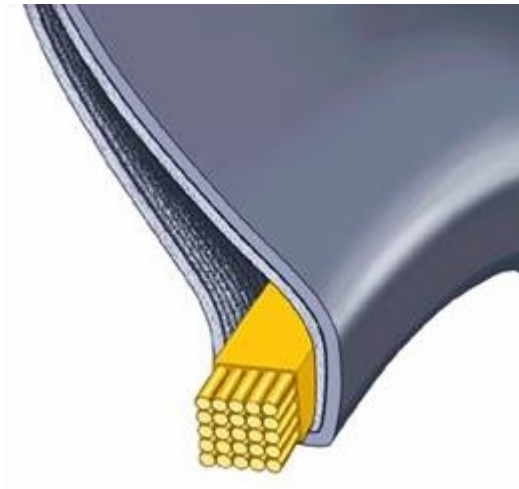
Patka zesiluje část pláště dosedajícího na ocelový ráfek. Jádrem patky tvoří patní lano, které je vyrobeno z vysokopevnostního ocelového lana. Patka slouží k uchycení kordových vložek a zajišťuje bezpečné uložení pláště na ráfku.



Obr. 10 Patka [7]

### 2.2.7 Patní lano

Slouží k správnému dosednutí pneumatiky v ráfku. Patní lano zajišťuje přenos podélných sil a těsnost spojení s ráfkem.



Obr. 11 Patní lano [7]

## 2.3 Typy plášťů

Typy plášťů lze rozdělit dle:

### 2.3.1 Podle konstrukce kostry

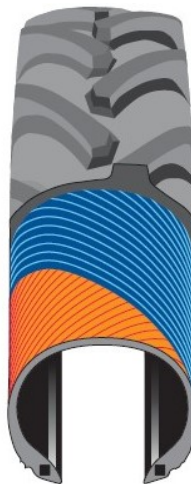
#### ▪ **Diagonální**

-sudý počet kordových vložek

-úhel řezu mají  $30^\circ - 65^\circ$

**Výhody:**

odolnější proti průrazu bočnice a boční deformaci



Obr. 12 Diagonální plášť [8]

#### ▪ **Radiální**

-libovolný počet kordových vložek

-úhel řezu vložky  $84^\circ - 90^\circ$

-úhel řezu nárazníků  $18^\circ - 28^\circ$

### **Výhody:**

lepší záběr na vozovce, menší spotřeba pohonných hmot, širší plocha styku dezénu s vozovkou, vyšší odolnost proti smyku, pohodlnější jízda, nižší valivý odpor, kratší brzdná dráha



Obr. 12 Radiální plášť [8]

### **2.3.2 Podle provedení**

- Bezdušové** – u osobních automobilů
- S duší** – velopláště, traktory...

### **2.3.3 Podle použití**

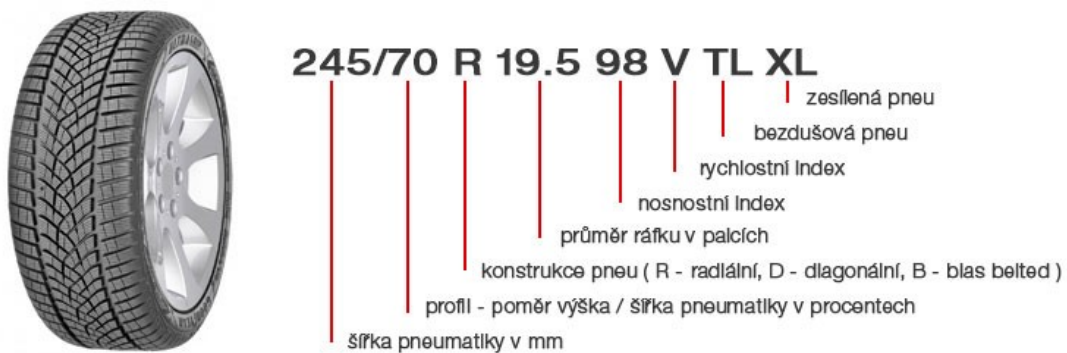
- Letní** – lepší jízdní vlastnosti nad 7 °C
- Zimní** – měkčí směs, vlasové drážky



Obr. 13 pláště letní/zimní [9]

## 2.4 Značení pneumatik

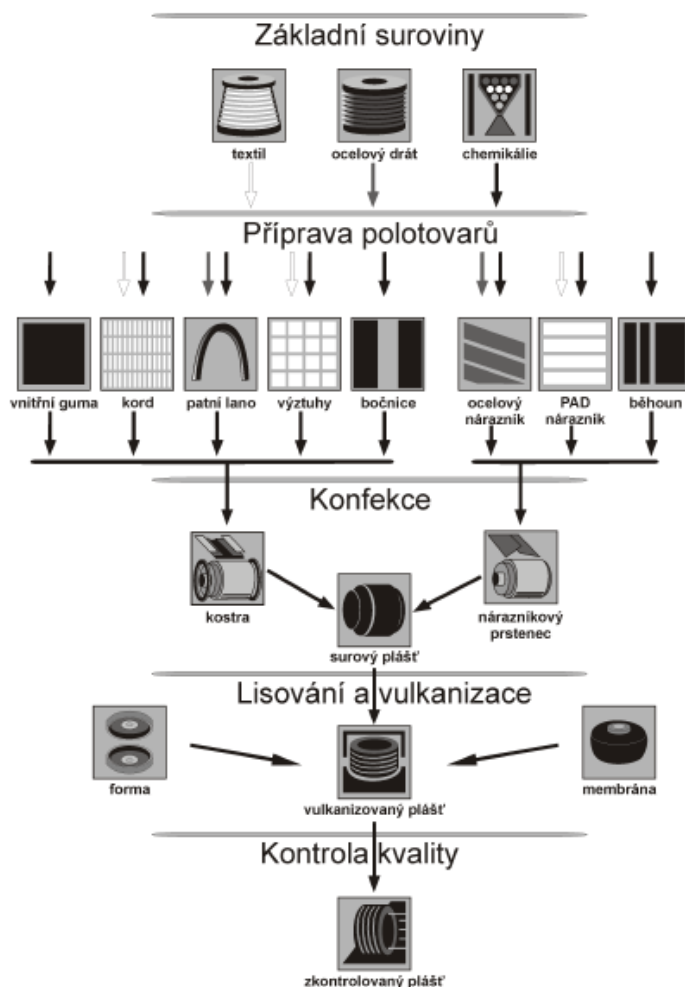
Pneumatika má na sobě uvedeno mnoho zkratek a označení, které jsou z největší části uvedeny na bočnici pneumatiky. Z těchto různých údajů se skládáním tvoří samotný název pneumatiky [10].



Obr. 14 Značení pneumatik [11]

### 3. Výroba automobilových pneumatik

Technologicky je možné výrobu pneumatik popsat jako několik vedle sebe jdoucích samostatných operací, které se střetnou až při konfekci. Konfekce je zkompletování všech jednotlivých částí v jeden celek tzv. surový plášť. Ze surového pláště se zvulkanizováním v lisu vytvoří hotový produkt - pneumatika [1].



Obr. 15 Výroba pneumatik [12]

#### 3.1 Výstužné materiály

Výstužné materiály se v pneumatikářské výrobě nazývají kordy. Vlastnosti pneumatiky jsou závislé na interakci vlastností pryže a výstužných materiálů. Spojením na první pohled nesoudržných složek vznikne vulkanizací typ vláknového kompozitu. Takovýto kompozit využívá vlastnosti vzniklé kombinací pevnosti a tuhosti vláken výstužných materiálů a pružnosti pryže. Dle směru uložení vláken je

možné zvyšovat pružnost vzniklého materiálu v požadovaném směru. Na výrobu jednotlivých konstrukčních částí pneumatiky se používají rozdílné typy výstužných materiálů v závislosti na požadavcích na jejich mechanicko-fyzikální vlastnosti.

U vzniklého kompozitu musí být zabezpečena dostatečná soudržnost povrchů kordů a pryže. Pro zlepšení soudržnosti se kordy buď impregnují pomocí speciálních látek, které zvyšují koeficient tření, nebo se přidává tato látka s podobným účinkem přímo do kaučukové směsi. První možnost se používá u textilních kordů, druhý způsob se využívá u ocelových kordů [1].

### **3.1.1 Ocelové kordy**

Ocelové kordy se využívají díky jejich rozměrové stabilitě a vysoké pevnosti. Jsou odolné proti korozi a kladou dostatečný odpor proti pohybu. Vyrábí se z ocelových drátů, které jsou pomosazené. Mosazná vrstva vytváří lepší třecí vlastnosti mezi pryží a kovem [1].

### **3.1.2 Textilní kordy**

Stejně jako ocelové kordy dávají textilní kordy pneumatice pevnost a rozměrovou stabilitu. Oproti ocelovým kordům jsou lehčí a některé z nich jsou snadněji deformovatelné na ohyb. Mezi textilní kordy patří skleněná, viskózová, polyamidová a polyesterová vlákna. V současné době se také využívají kevlarová vlákna [1].

## **3.2 Kaučukové směsi**

Kaučuk je hlavní přísadou kaučukové směsi. V gumárenském průmyslu se dělí na kaučuk přírodní a syntetický. Kaučuk patří do skupiny makromolekulárních termoplastických látek. Za působení vulkanizačních činidel se mění ze stavu plastického na stav elastický. Tomuto chemicko-fyzikálnímu procesu se říká vulkanizace. Pro získání požadovaných vlastností se do směsi přimíchávají další složky [13].

### **3.2.1 Přírodní kaučuk**

Přírodní kaučuk je obsažen v latexu kaučukodárných stromů. Nejvýnosnějším zdrojem přírodního kaučuku je druh stromu *Hevea Brasiliensis*, který se pěstuje na plantážích v okolí rovníku. Mezi největší producenty přírodního kaučuku patří státy



jihovýchodní Asie a to Malajsie, Indonésie, Thajsko, Kambodža, Vietnam, dále Brazílie, Rovníková Afrika. Malajsie vyprodukuje 40 % celosvětové produkce. Výroba kaučuku začíná shromažďováním přírodního latexu, který vytéká z řezu stromů do připravené nádoby. Latex obsahuje asi 40 % kaučuku. Kaučuk se získá vysrážením pomocí kyseliny mravenčí nebo octové. Vysrážené bloky přírodního kaučuku se proplachují vodou, suší a konzervují uzením. Druhy přírodního kaučuku se rozlišují dle obsahu nečistot, barvy a použití [13].

### **3.2.2 Syntetický kaučuk**

Syntetický kaučuk je velmi důležitou surovinou v gumárenském průmyslu. Nahrazuje přírodní kaučuk. V některých případech má lepší fyzikálně mechanické vlastnosti. Syntetický kaučuk je vyráběn s přihlédnutím na budoucí vlastnosti výrobků. Základní složkou pro výrobu syntetického kaučuku je ropa [12].

### **3.2.3 Složení kaučukové směsi**

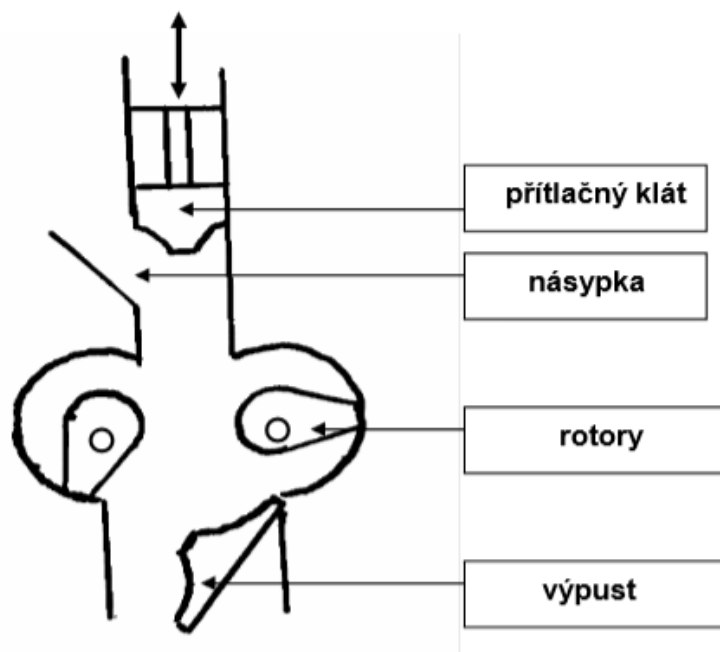
- Elastomer-syntetický nebo přírodní kaučuk a jejich směsi
- Plniva-ztužující, neztužující, poloztužující
- Změkčovadla
- Ochranné látky-proti únavě, stárnutí, ozonu, UV záření atd.
- Aktivátory a retardéry vulkanizace
- Urychlovače vulkanizace
- Vulkanizační činidla
- Pigmenty [14]

### **3.3 Míchání kaučukových směsí**

Příprava kaučukových směsí se provádí v hnětacím stroji v několika stupních. V základním stupni se obvykle mísí kaučuky, oleje a plniva na základovou směs. V posledním stupni se přimíchávají k základové směsi vulkanizační přísady a tím se získá finální směs. Při této operaci se musí udržovat nízká teplota, aby při promíchávání nedocházelo k navulkanizování směsi.

Složitější směsi vyžadují větší počet stupňů míchání. Při prvním stupni se zamíchá jen část plniv a olejů, aby se mícháním příliš nezvýšila teplota. Zbylé plnivo se přidá v dalších stupních.

Před následujícím zpracováním se finální směs podrobuje zkouškám kvality. Kontrola kvality stanoví průběh vulkanizace a vlastnosti vulkanizátů [15].



Obr. 16 Hnětací stroj [16]

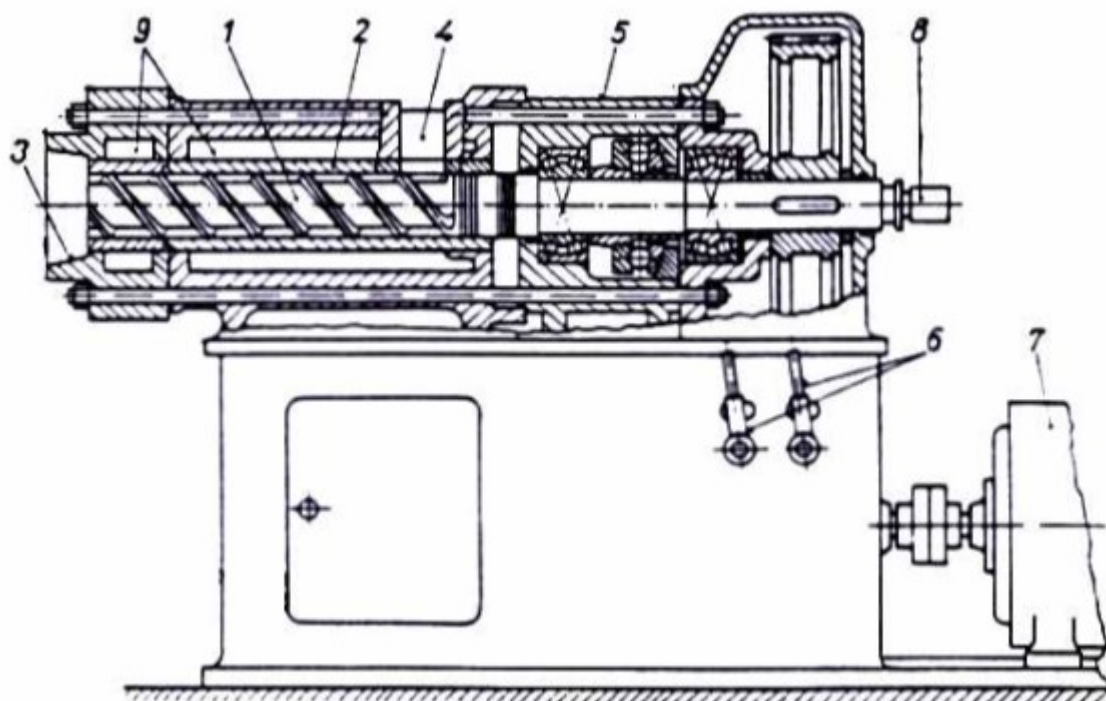
### 3.4 Vytlačování

Vytlačování je jednou z nejproduktivnějších metod zpracování kaučukových směsí. Vytlačování je proces, při kterém se kaučuková směs rozpracovává mezi šnekem a pláštěm vytlačovacího stroje, kde je přes hubici vytlačována do volného prostoru.

Vytlačovací stroje (extrudery) se dělí na:

- šnekové
- pístové
- diskové

Nejvíce využívané stroje pro výrobu polotovarů jsou šnekové extrudery, protože mají nepřetržitý cyklus a lze je snadno zařadit do výrobních linek [12].



1 – šnek, 2 – komora, 3 – kužel pro upevnění hlavy, 4 – plnicí otvor, 5 – ložisková skříň, 6 – řadící páky čtyřrychlostní převodovky, 7 – hnací motor, 8 – vstupní hlava, 9 – komůrky chladicího systému

Obr. 17 Šnekový extruder [17]

### 3.5 Válcování polotovarů z kaučukové směsi

Válcování je technologický postup, při kterém se ze směsi stává pás o tloušťce dané mezerou mezi válci. Válcovací stroje rozdělujeme podle počtu válců na dvouválce a víceválce. Dvouválce se používají k rozpracování, ohřívání, nebo k míchání směsí. Většinou slouží jako ohřívací a zásobovací dvouválce pro víceválcové stroje. K výrobě pásů, folií a profilů se používají 3V, 4V, popř. 5ti válce. Platí, že čím má být folie tenčí a povrch kvalitnější, tím větší počet válců musí zařízení obsahovat [12].

### **3.6 Pogumování textilního a ocelového kordu**

Pogumování (nanášení) ocelových a textilních kordů, patří k důležitým operacím při výrobě pneumatik. Je potřeba opatřit výztužný materiál vrstvou kaučuku, která má několik účelů:

- **Izolace jednotlivých nití kordové nebo technické tkaniny**

Všechny vlákna kordu musí být od sebe izolované. Zaplnění nití kordu kaučukovou směsí musí být co nejkvalitnější. Izolace zabrání vzájemnému tření o sebe a sníží vývin tepla za jízdy. Izolace také zajistí požadovanou životnost pláště.

- **Možnost konfekce pláště**

Při konfekci je nutno jednotlivé vrstvy výztužných materiálů spojit mezi sebou a také s ostatními polotovary. Toho lze dosáhnout lepivostí nanesené vrstvy kaučukové směsi.

- **Elasticita kostry pláště**

Přez jistiřuje elasticitu v kostry pláště. V různých částech pláště se používá různá tuhost nanosové kaučukové směsi dle požadavku na tuhost.

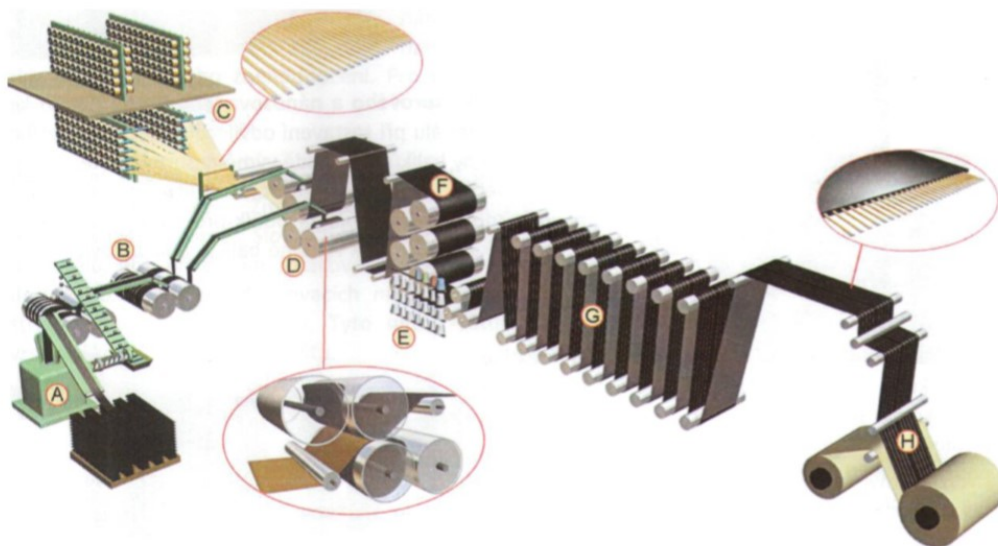
- **Ochranná vrstva**

U patních pásků přez tvoří ochrannou vrstvu chránící samotný textil před poškozením při montáži na ráfek [12].

#### **3.6.1 Nanosování ocelového kordu**

Kaučuková směs je po prohřátí na dvouválci dopravena mezi dvě malé mezery čtyřválců a následně se vyválnovaná teplá fólie nanese oboustranně na ocelový kord. Pracovní rychlost pogumování je cca 50 m/min. Pracovní šířka pogumovaného materiálu dosahuje až 1500 mm. Kordy se odvíjí ze speciální cívečnice, která je osazena elektromagnetickými brzdami. Elektromagnetické brzdy zajišťují dostatečné napnutí ocelového kordu. Prostor cívečnic je klimatizovaný, aby na povrchu ocelových nití nevznikala vlhkost zhoršující adhezi. Samotný čtyřválnec je osazen mosazným hřebenem s přitlačným drážkovacím válcem, který rovnoměrně rozmístřuje ocelové

nitě. Rovnoměrné rozložení nití je velice důležité pro kvalitu pneumatiky. Pomocí speciálního rotačního nože se ořezává pogumovaný kord na požadovanou šířku. Následně je pogumovaný kord ochlazen a navíjí se do cívek spolu se separační fólií [18].

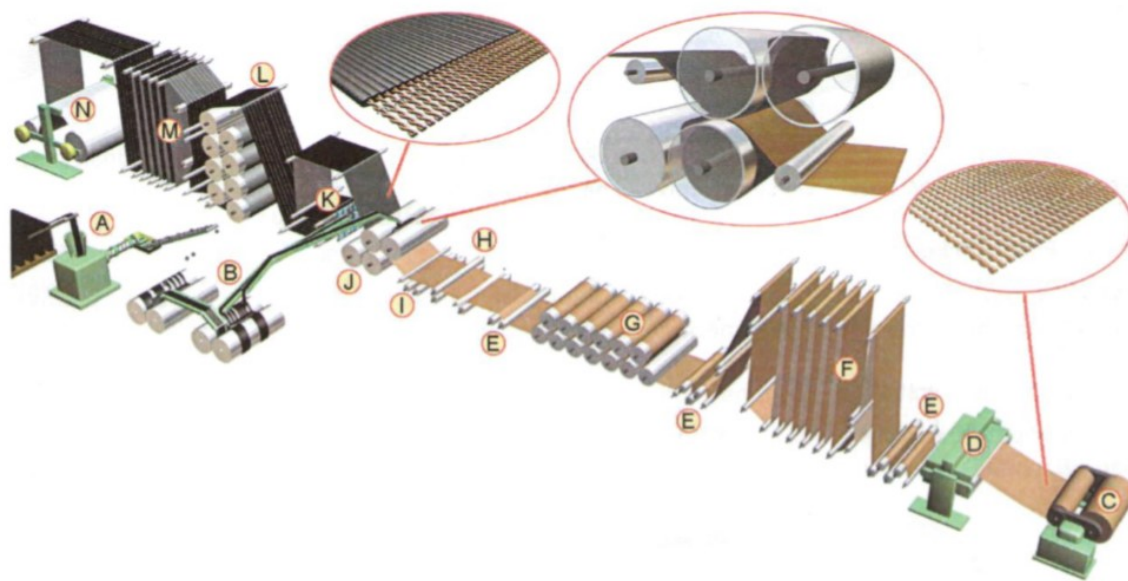


*A – ohřívací extruder, B – ohřívací a zásobovací dvouválec, C – cívečnice, D – čtyřválec, E – pokládání nití, F – chladnička, G – zásobník pogumovaného kordu, H – navíjecí stanice*

Obr. 18 Linka nánosování ocelového kordu [12]

### **3.6.2 Nánosování textilního kordu**

Pogumovací linky dokážou pogumovat textil rychlostí až 90 m/min při šířce 2100 mm. V odvíjecí stanici jsou umístěny 2 balíky textilie, které jsou tažnými válci odvíjeny přes spojovací lis do zásobníku. Zásobník slouží k napínání kordu. Následně se kord odvíjí do sušičky. Dále pokračuje textilní kord mezi 2. a 3. válec čtyřválce. Mezi 1. a 2. stejně jako mezi 3. a 4. válcem se vytlačuje směs na pogumování. Pogumovaný textilní kord se ještě opatřuje odvzdušňovacími nitěmi. Následně kord pokračuje do chladničky. Odtud kord putuje do napínacího zařízení, které slouží jako zásobník při výměně cívky [18].



*A – ohřivací extruder, B – ohřivací a zásobovací dvouválec, C - odvíjecí stanice, D – parní spojovací lis, E – tažné válce, F – zásobník surového kordu, G - sušička, H – napínací zařízení, I – středící zařízení kordu, J – čtyřválec, K – pokládání nití, L – chladnička, M – zásobník pogumovaného kordu, N – navíjecí stanice*

Obr. 19 Linka nánosování textilního kordu [12]

### 3.7 **Kompletace pneumatik (konfekce)**

V této fázi je již připraveno vše pro konfekci pneumatiky. Konfekce se může lišit podle typu a velikosti pláště. Při klasické kompletaci se pneumatika na konfekčním bubnu skládá směrem zevnitř k vrchní části. Začíná se od vnitřní gumy zabraňující úniku vzduchu z vnitřku pneumatiky přes kordové výztuhy, nárazník, bočnici, patní lano až po běhoun. Manuální výroba plášťů je velmi fyzicky náročná. Proto se u některých plášťů přechází na automatizovanou výrobu s využitím sdružených profilů (polotovarů). Tento způsob konfekce zmenšuje nároky na pracovníky. “Speciálním druhem konfekce je tzv. namotávaná konfekce. Těto technologie se používá zejména při výrobě velkorozměrových plášťů, protože při ní odpadá problematická manipulace s běhounem. Celá konfekce běhounu spočívá v postupném navíjení pásu běhounové směsi na již předpřipravenou kostru pneumatiky. Výsledkem je surová pneumatika (green tyre) neboli karkasa, která již vzdáleně připomíná výsledný produkt [19]. “

### **3.8 Lisování a vulkanizace pneumatik**

Po konfekci následuje proces vulkanizace. Surová karkasa se musí povrchově ošetřit, aby při lisování nedošlo k mechanickým problémům. K ošetření se používá emulgate, která se používá k separaci od formy a membrány po dokončení procesu. Dále zamezuje vzniku různých povrchových vad. Vulkanizace je chemický děj, při němž se gumárenská směs přeměňuje na pryž. Aby proces proběhl správně, je nutné dodržet optimální podmínky pro vulkanizaci. Tyto podmínky jsou sepsány ve vulkanizačním předpisu, v němž je stanovena zejména délka procesu, teplota a tlak. K ohřevu se ve většině případů používá horká pára [19].

### **3.9 Výstupní kontrola pneumatik**

Po vychladnutí a stabilizaci jde plášť na výstupní kontrolu. Při ní se nejprve provede důkladná vizuální kontrola. Vysokorychlostní pláště následně ještě podléhají rentgenové kontrole. Při ní je možné objevit drobnější defekty uvnitř pláště. Tyto vady by se při uvedení do provozu mohly projevit při vyšších rychlostech, což by mohlo způsobit nebezpečné následky. Mezi běžné zkoušky patří také testy uniformity. Výstupní kontrola uzavírá celý výrobní proces pneumatiky [19].

## 4. Problematika

Vyrovnávací zásobníky pogumovaného kordového pásu slouží ke kompenzaci toku materiálu při zastavení navíjecího místa z důvodu výměny balíků. Při výměně balíku pogumovaného kordu linka zaplňuje zásobník. Díky těmto zásobníkům dochází k výměně balíků, aniž by bylo nutné linku zpomalit, nebo zastavit.

Jednou z podmínek správného chodu vyrovnávacího zásobníku je dostatečné předpětí kordového pásu a zajištění požadované rychlosti.



Obr. 20 Vyrovnávací zásobník pogumovaného kordu s navíjecí stanicí [12]

### 4.1 Varianty řešení

Pro danou problematiku navrhuji tři možné varianty řešení vyrovnávacího zásobníku. Každá z variant pracuje na odlišném principu. Následně jednotlivé varianty mezi sebou porovnávám a volím tu nejvhodnější.

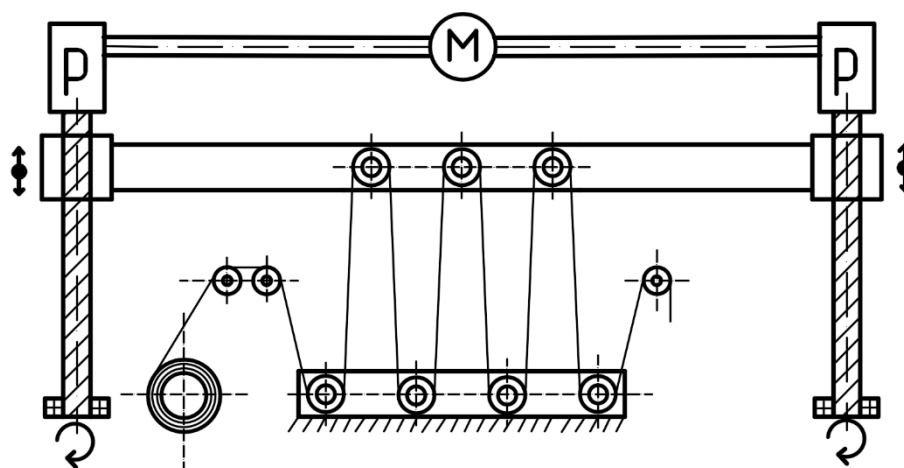


#### 4.1.1 Řešení pomocí kuličkových šroubů

Pohyb vyrovnávacího zásobníku je zajištěn pomocí dvou otáčejících se kuličkových šroubů. Vyrovnávací zásobník je připevněn na dvou kuličkových maticích. Kuličkové šrouby pohání elektromotor s průchozí hřídelí do dvou převodovek, které zajišťují požadované otáčky a kroutící moment.

**Výhody:** jednoduchá konstrukce, odolnost proti mechanickému opotřebení

**Nevýhody:** Pořizovací náklady, složitá regulace, větší zástavbové prostory.



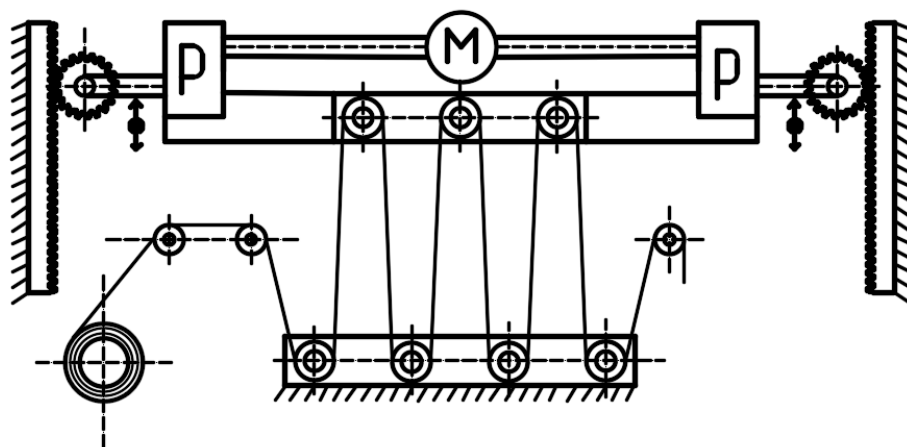
Obr. 21 Řešení pomocí kuličkových šroubů

#### 4.1.2 Řešení pomocí ozubených hřebenů

Pohyb vyrovnávacího zásobníku je zajištěn pomocí dvou pastorků pohybujících se po ozubených hřebenech. Vyrovnávací zásobník pohání elektromotor s průchozí hřídelí do dvou převodovek, které zajišťují požadované otáčky a kroutící moment.

**Výhody:** Jednoduchá konstrukce, cenově příznivější než varianta řešená pomocí kuličkových šroubů.

**Nevýhody:** Náchylnost na opotřebení, údržba, složitá regulace, větší zástavbové prostory.



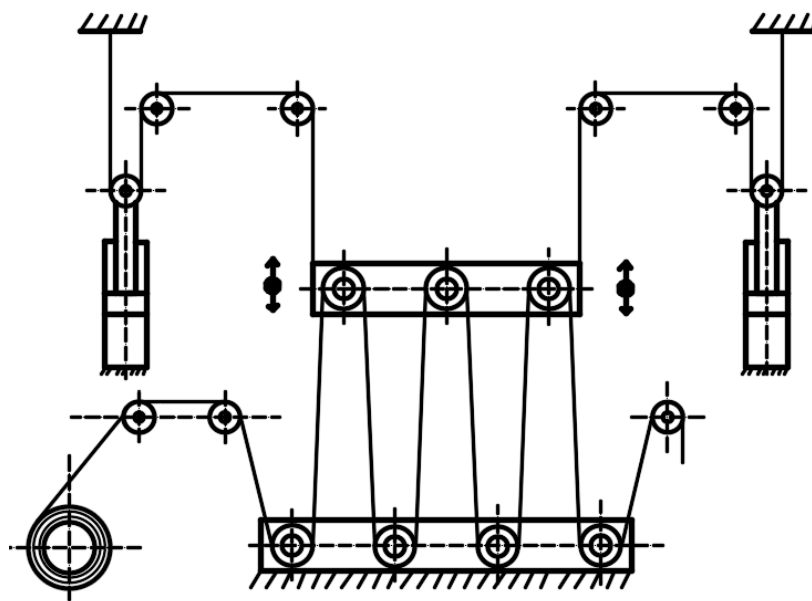
Obr. 22 Řešení pomocí ozubených hřebenů

#### 4.1.3 Řešení pomocí hydraulických válců

Pohyb vyrovnávacího zásobníku je zajištěn pomocí dvou hydraulických válců a sérií kladek. Použitím kladek se otáčí funkce hydraulických válců, proto při zvedání vyrovnávacího zásobníku nejsou válce namáhány na vzpěr ale na tah.

**Výhody:** Dobrá regulovatelnost, nízké nároky na údržbu, zástavbové prostory.

**Nevýhody:** Pořizovací náklady.



Obr. 23 Řešení pomocí hydraulických válců

#### 4.2 Porovnání jednotlivých variant, volba řešení

Jednotlivé varianty porovnávám ve čtyřech kategoriích:

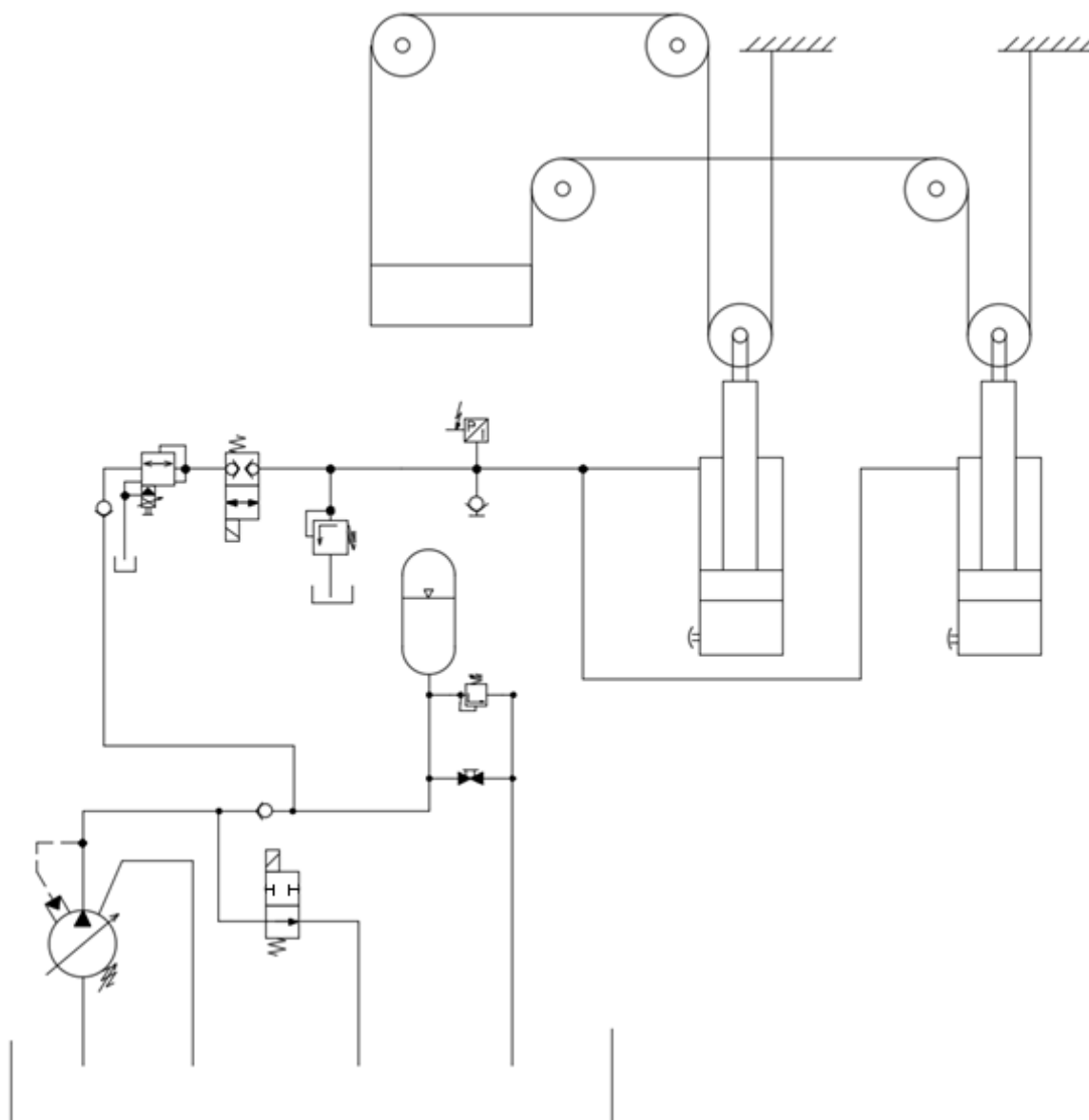
- **Zástavbové prostory** – Co se týče zástavbových prostorů, je na tom varianta řešení pomocí hydraulických válců oproti zbylým variantám nejlépe. Na konstrukci vyrovnávacího zásobníku budou upevněny jen dva hydraulické válce a série kladek. Hydraulický agregát může být umístěn opodál konstrukce. Varianty řešení pomocí ozubených hřebenů a kuličkových šroubů jsou na tom, co se týče zástavbových prostorů hůře, protože na konstrukci vyrovnávacího zásobníku bude umístěn těžký elektromotor a převodovky. Celý zásobník se bude pohybovat po masivních hřebenech nebo kuličkových šroubech, tudíž celá konstrukce musí být robustní.
- **Řízení** – Řízení u varianty s hydraulickými válci bude jednoduše zajištěno pomocí proporcionálního ventilu a regulačního čerpadla s regulací na konstantní tlak. U zbylých dvou variant bude nutno použít frekvenční měnič a složité převodovky.
- **Nároky na údržbu** – Varianta řešení pomocí ozubených hřebenů je nejnáročnější na údržbu, musí se často mazat a bude docházet k velkému opotřebení ozubení. Méně náročnou variantou je řešení pomocí kuličkových šroubů, u které stačí pravidelné mazání. Poslední variantou je řešení pomocí hydraulických válců, tato varianta je skoro bezúdržbová, protože stačí dbát na čistotu oleje.
- **Cena** – Cena bude u všech variant vysoká. U první varianty je nutno použít drahé kuličkové šrouby, frekvenční měnič a převodovky. Co se týče druhé varianty, tak u té budou pořizovací náklady menší, ale náchylnost na opotřebení ozubených hřebenů bude zvyšovat náklady na údržbu. U třetí varianty je nutno počítat s vysokými pořizovacími náklady, poněvadž cena hydraulických komponentů je vysoká

	<b>Ozubené hřebeny</b>	<b>Kuličkové šrouby</b>	<b>Hydraulické válce</b>
<b>Zástavbové prostory</b>	-	-	+
<b>Řízení</b>	-	-	+
<b>Nároky na údržbu</b>	-	+	+
<b>Cena</b>	-	-	-

Tab. 1 – Porovnání variant řešení

Jako konečné řešení volím variantu s hydraulickými válci, protože se jeví v porovnání s ostatními variantami jako nejlepší.

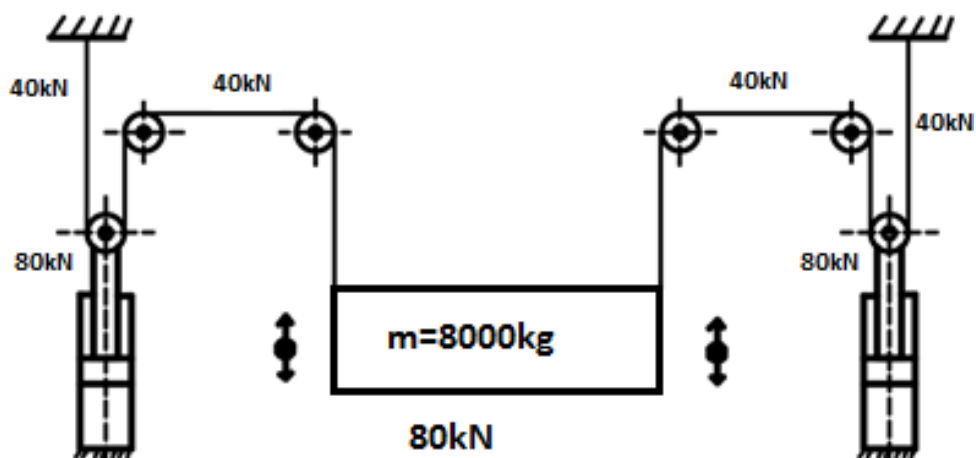
## 5. Technické a pevnostní výpočty



Obr. 24 Náčrt funkčního schématu

Zatížení  $m = 8000 \text{ kg}$ , pracovní tlak  $p_1 = 10 \text{ MPa}$

## 5.1 Kinematika pohonu



Obr. 25 Kinematika pohonu

## 5.2 Volba přímočarého hydromotoru

### 5.2.1 Přepočet hmotnosti na sílu

$$F = m \cdot g = 8000 \cdot 9,81 = 78480 \text{ N} \quad (5.1)$$

### 5.2.2 Výpočet plochy mezikruží přímočarého hydromotoru

Vycházím z rovnice pro tlak.

$$p_1 = \frac{F}{S_1}$$

$$S_1 = \frac{F}{p_1} = \frac{78480}{10\,000\,000} = 0,0078 \text{ m}^2 \quad (5.2)$$

Volím přímočarý hydromotor, který bude mít přibližně stejnou plochu mezikruží s vypočtenou plochou. Volím přímočarý hydromotor firmy Hydraulics **ZH1-110/50-2500** [20].

### 5.2.3 Skutečná plocha mezikruží

$$S_{1SK} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,11^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,05^2}{4} = 0,0075 \text{ m}^2 \quad (5.3)$$

#### 5.2.4 Skutečný tlak na mezikruží

$$p_{1SK} = \frac{F}{S_{1SK}} = \frac{78480}{0,0075} = 10409040 Pa = 10,41 MPa \quad (5.4)$$

#### 5.2.5 Kontrola přímočarého hydromotoru

Každý PČH vyrobený ve společnosti Hydraulics je ověřen před odesláním k zákazníkovi výstupní kontrolou. Ta je členěna do několika stupňů:

- kontrola vizuální
- kontrola zástavbových a připojovacích rozměrů
- kontrola vnější těsnosti (provádí se na zkušebním agregátu)

Metodika kontroly vychází z: ČSN 11 9008, ČSN 11 9372, ČSN 11 9373,

Vybraný PČH bude namáhán v tahu, proto není nutná kontrola na vzpěr. Pracovní tlak nepřekročí hodnotu  $17 MPa$ . Výrobce uvádí, že tento typ hydromotoru testuje pod tlakem  $25 MPa$ . Zvolený PČH je značně předimenzován [20].

#### 5.3 Návrh elektromotoru a hydrogenerátoru

Maximální požadovaná rychlost zasouvání pístnice je  $v = 0,025 m s^{-1}$ , tlak na pojistném ventilu je nastaven na  $17 MPa$ .

Vycházím z rovnice kontinuity [20].

$$Q_G = (S_{1SK} \cdot v) \cdot 2 = (0,0075 \cdot 0,025) \cdot 2 = 0,000375 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \quad (5.5)$$

$$P = Q_G \cdot p_{pv} = 0,000375 \cdot 17 \cdot 10^6 = 6375 \text{ W} \quad (5.6)$$

volím elektromotor firmy ZSE Praha 4AP 132 M-4,  $P = 7,5 \text{ kW}$ ,  $n = 1450 \text{ min}^{-1}$  [21].

$$V_g = \frac{Q_G}{n/60} = \frac{0,000375}{1450/60} = 1,56 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 = 15,6 \text{ cm}^3 \quad (5.7)$$

Volím regulační hydrogenerátor s regulací na konstantní tlak od firmy Yuken A37-F-R-01-H-K-32, seřízení na  $V_{gSK} = 21 \text{ cm}^3$  [22].

Volím větší čerpadlo z toho důvodu, že zákazník požaduje připojit hydraulické středění pásu na tlakovou větev. Návrh středění pásu není součástí řešení této práce.

### 5.3.1 Výpočet maximálního průtoku

$$Q_{Gmax} = V_{gSK} \cdot n = 0,021 \cdot 1450 \quad (5.8)$$

$$Q_{Gmax} = 30,4 \, dm^3 min^{-1}$$

### 5.4 Návrh akumulátoru

Hydraulický agregát bude obsahovat akumulátor, který bude sloužit k doplnění požadovaného průtoku do systému v době nečinnosti hydraulického čerpadla. Požadovaná doba dodávky je 2 s. Pro daný požadavek budu volit vakový akumulátor plněný dusíkem.

Pro návrh akumulátoru byly použity podklady firmy HYDAC [23].

#### 5.4.1 Požadovaný využitelný objem akumulátoru

$$\Delta V = Q_G \cdot t = (0,000375 \cdot 1000) \cdot 2 = 0,75 dm^3 \quad (5.9)$$

Zvolené hodnoty:

Využitelný objem	$\Delta V_s = 0,8 dm^3$
Minimální pracovní tlak zařízení	$p_1 = 10 MPa$
Maximální pracovní tlak zařízení	$p_2 = 16 MPa$
Adiabatický exponent dusíku	$\kappa = 1,4$

Tab. 2 – Volené hodnoty pro návrh akumulátoru

#### 5.4.2 Plnicí tlak akumulátoru

$$p_0 = 0,9 \cdot (p_1 + 0,1) = 0,9 \cdot (10 + 0,1) = 9 MPa \quad (5.10)$$

#### 5.4.3 Objem akumulátoru

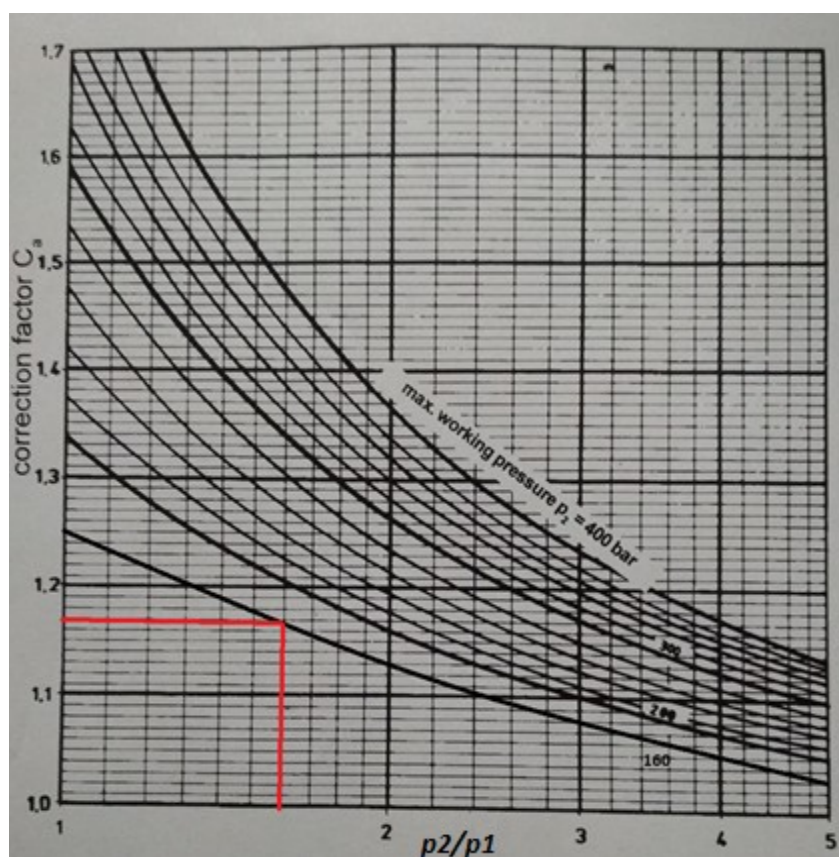
$$V_{ideal} = \frac{\Delta V_s}{\left(\frac{p_0}{p_1}\right)^{\frac{1}{\kappa}} - \left(\frac{p_0}{p_2}\right)^{\frac{1}{\kappa}}} \quad (5.11)$$

$$V_{ideal} = \frac{0,8}{\left(\frac{90}{100}\right)^{\frac{1}{1,4}} - \left(\frac{90}{160}\right)^{\frac{1}{1,4}}}$$

$$V_{ideal} = 3 dm^3$$

#### 5.4.4 Skutečný objem akumulátoru po korekci

Výše uvedené rovnice pro návrh akumulátoru platí jen pro ideální plyn. Dusík se však od ideálního plynu odlišuje. Proto se doporučuje zavádět korekční faktory, které zahrnují chování reálných plynů. Korekční koeficient byl odečten z grafu pro adiabatickou změnu.



Obr. 26 Volba korekčního koeficientu pro adiabatickou změnu [23]

$$V_{0real} = V_{0ideal} \cdot C_a \quad (5.12)$$

$$V_{0real} = 3 \cdot 1,17 = 3,5 dm^3$$

Volím vakový akumulátor firmy VM hydraulik MEAK 3,5-250,

$$V_{0real} = 3,5 dm^3 [30].$$



## 5.5 Návrh chladiče

Dané zařízení bude pracovat v třisměnném provozu, proto bude hydraulický agregát vybaven chladičem. Pro daný problém budu volit vodní deskový chladič, který udrží teplotu oleje v nádrži na stabilní úrovni.

Pro návrh chladiče byl použit software firmy Interfluid [24].

### 5.5.1 Volba nádrže

$$V_N = 5 \cdot Q_{Gmax} = 5 \cdot 30,4 = 152 dm^3 \quad (5.13)$$

Z důvodů třisměnného provozu a možnosti umístit všechny prvky na víko agregátu, volím předimenzovanou velikost nádrže od firmy Interfluid NG250,  $V_{NS} = 250 dm^3$ ,  $S_N = 3,2 m^2$  [24]

Dané hodnoty:

Teplota okolí	$t_o = 35^\circ C$
Součinitel prostupu tepla	$k_N = 10 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
Ustálená teplota oleje	$t_{ust} = 55^\circ C$

Tab. 3 – Dané hodnoty pro návrh chladiče

### 5.5.2 Teplo odvedené nádrží

$$\phi_N = \frac{k_N}{1000} \cdot S_N \cdot (t_{ust} - t_o) \quad (5.14)$$

$$\phi_N = \frac{10}{1000} \cdot 3,2 \cdot (55 - 35)$$

$$\phi_N = 0,64 kW$$

### 5.5.3 Teplo z provozu hydrogenerátoru

Velikost lekáže je zhruba 10% z maximálního průtoku ( $Q_{lekaž} = 3 dm^3 \cdot min^{-1}$ )

Hydrogenerátor bude z 50% celkového času ve sklopeném stavu a pro zbylých 50% bude dodávat do systému. Proto rovnici násobím časovým faktorem  $c_1 = 0,5$ .

$$P_{ZHG} = \frac{Q_{lekaž}}{60} \cdot p_2 \cdot c_1 \quad (5.15)$$

$$P_{Z_{HG}} = \frac{3}{60} \cdot 16 \cdot 0,5$$

$$P_{Z_{HG}} = 0,4kW$$

#### 5.5.4 Ztrátový výkon na proporcionálním redukčním ventilu

Tlakový spád na RV je  $\Delta p_{RV} = 6 \text{ MPa}$ .

RV z 90 % celkového času udržuje pozici,  $c_2 = 0,9$ ,  $Q_{RV90} = 0,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

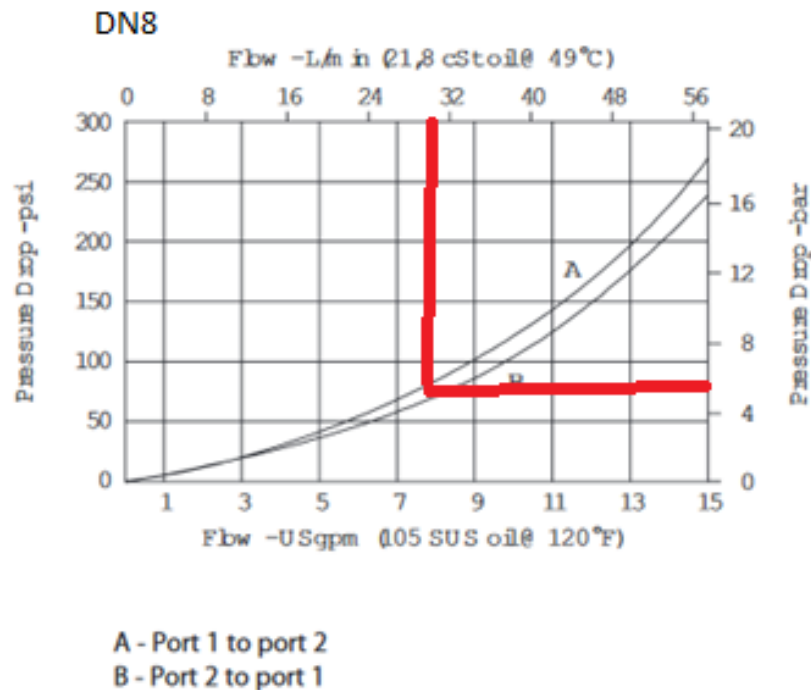
RV z 10 % celkového času mění pozici,  $c_3 = 0,1$ ,  $Q_{Gmax} = 30,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

$$P_{Z_{RV90}} = \frac{Q_{RV90} \cdot \Delta p_{RV}}{60} \cdot c_2 = \frac{0,5 \cdot 6}{60} \cdot 0,9 = 0,045kW \quad (5.16)$$

$$P_{Z_{RV10}} = \frac{Q_{Gmax} \cdot \Delta p_{RV}}{60} \cdot c_3 = \frac{30,4 \cdot 6}{60} \cdot 0,1 = 0,304kW$$

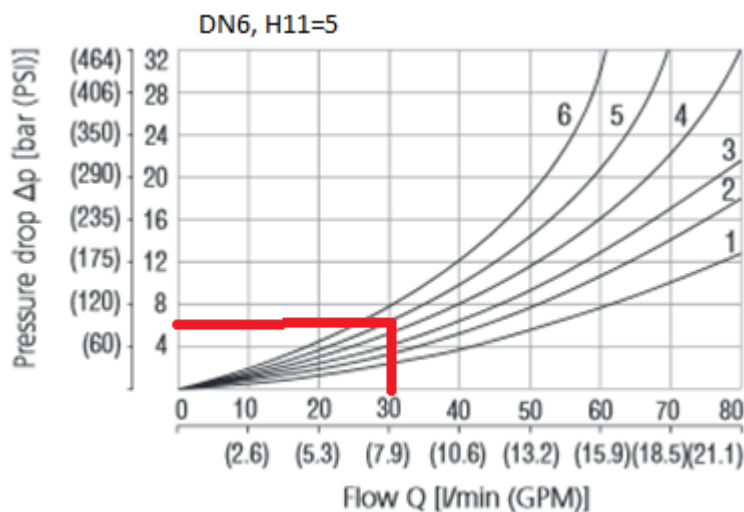
#### 5.5.5 Tlakový spád na prvcích

- Tlakový spád na solenoidovém ventilu odečten z grafu  $\Delta p_{SV} = 0,5 \text{ MPa}$ .  
(viz. schéma hydraulického agregátu položka č.16)



Obr. 27 Odečet tlakového spádu solenoidový ventil [25]

- Tlakový spád na rozvaděči odlehčení odečten z grafu  $\Delta p_{OV} = 0,6 \text{ MPa}$ .  
(viz. schéma hydraulického agregátu položka č.14a)



Obr. 28 Odečet tlakového spádu odlehčovací ventil [26]

#### 5.5.6 Teplo přivedené prvky

Tlakový spád na všech prvcích v obvodu by bylo obtížné zjistit, proto odborně odhaduju s přihlédnutím na kapitolu 5.5.5 s rezervou  $\Delta p_{celk} = 3 \text{ MPa}$

$$P_{Z_{prvky}} = \frac{Q_{Gmax} \cdot \Delta p_{celk}}{60} + P_{Z_{RV10}} = \frac{30,4 \cdot 3}{60} + 0,304 = 1,82 \text{ kW} \quad (5.17)$$

#### 5.5.7 Celkový ztrátový výkon

$$P_{Z_{celk}} = P_{Z_{prvky}} + P_{Z_{HG}} = 1,82 + 0,4 = 2,23 \text{ kW} \quad (5.18)$$

#### 5.5.8 Ustálená teplota

$$t_{ust} = t_o + \frac{P_{Z_{celk}} \cdot 1000}{S_n \cdot k_N} = 35 + \frac{2,23 \cdot 1000}{3,2 \cdot 10} = 104,7^\circ \text{C} \quad (5.19)$$

#### 5.5.9 Potřebný výkon chladiče

$$P_{CH} = P_{Z_{celk}} - \phi_N = 2,23 - 0,64 = 1,59 \text{ kW} \quad (5.20)$$

Volím předdimenzovaný chladič o výkonu  $P_{CHV} = 3 \text{ kW}$ , důvodem je neznámost kvality a teploty chladicí vody. Volím deskový chladič firmy SWEP-B8TH20 [27].

## 5.6 Návrh čerpadla pro chladicí okruh

Požadavek je, aby čerpadlo zvládlo přečerpát objem nádrže 6x za hodinu  $V_{NS} = 250 dm^3$

$$Q_{\dot{c}} = \frac{V_{NS} \cdot 6}{60} = \frac{250 \cdot 6}{60} = 25 dm^3 \cdot min^{-1} \quad (5.21)$$

Volím ponorné elektročerpadlo firmy EMP Brno 3COA2-27,

$$Q_{\dot{c}} = 25 dm^3 \cdot min^{-1}, P_{\dot{c}} = 0,090 kW [28].$$

## 5.7 Ověření zvoleného chladiče

Zvolené parametry chladiče:

Chladič	
Výkon chladiče	$P_{CHV} = 3 kW$
Koeficient přestupu tepla chlad.	$k = 300 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
Počet zvolených desek	$n_z = 20 [-]$
Plocha desky	$B8 = 0,0225 m^2$

Tab. 4 – Zvolené parametry pro ověření chladiče

Dané hodnoty:

Voda:		Olej:	
Měrné teplo vody	$c_v = 4183 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$	Měrné teplo oleje	$c_o = 1986 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
Hustota vody	$\rho_v = 994 kg \cdot m^{-3}$	Hustota oleje	$\rho_o = 862 kg \cdot m^{-3}$
Vstupní teplota vody	$t_{v \rightarrow} = 25^\circ C$	Vstupní teplota oleje	$t_{o \rightarrow} = 55^\circ C$
Výstupní teplota vody	$t_{v \leftarrow} = 30^\circ C$	Průtok oleje	$Q_{\dot{c}} = 25 dm^3 min^{-1}$

Tab. 5 – Dané hodnoty pro ověření chladiče

### 5.7.1 Výstupní teplota oleje

$$t_{o \leftarrow} = t_{o \rightarrow} - \left( \frac{P_{CHV} \cdot 1000}{\frac{c_o \cdot \rho_o \cdot Q_{\dot{c}}}{60000}} \right) = 55 - \left( \frac{3 \cdot 1000}{\frac{1986 \cdot 862 \cdot 25}{60000}} \right) = 50,8^\circ C \quad (5.22)$$

### 5.7.2 Střední teplotní spád

$$\Delta t_s = \frac{(t_{o \leftarrow} - t_{v \rightarrow}) - (t_{o \rightarrow} - t_{v \leftarrow})}{\frac{LN(t_{o \leftarrow} - t_{v \rightarrow})}{(t_{o \rightarrow} - t_{v \leftarrow})}} = \frac{(50,8 - 25) - (55 - 30)}{\frac{LN(50,8 - 25)}{(55 - 30)}} = 25,4 [-] \quad (5.23)$$

### 5.7.3 Průtok vody

$$Q_o = \frac{P_{CHV} \cdot 1000 \cdot 60000}{(c_v \cdot \rho_v \cdot (t_{v\leftarrow} - t_{v\rightarrow}))} = \frac{3 \cdot 1000 \cdot 60000}{(4183 \cdot 994 \cdot (30 - 25))} = 8,66 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1} \quad (5.24)$$

### 5.7.4 Teplosměnná plocha chladiče

$$S_{ch} = \frac{P_{CHV} \cdot 1000}{(k \cdot \Delta t_s)} = \frac{3 \cdot 1000}{(300 \cdot 25,4)} = 0,39 \text{ m}^2 \quad (5.25)$$

### 5.7.5 Počet potřebných desek

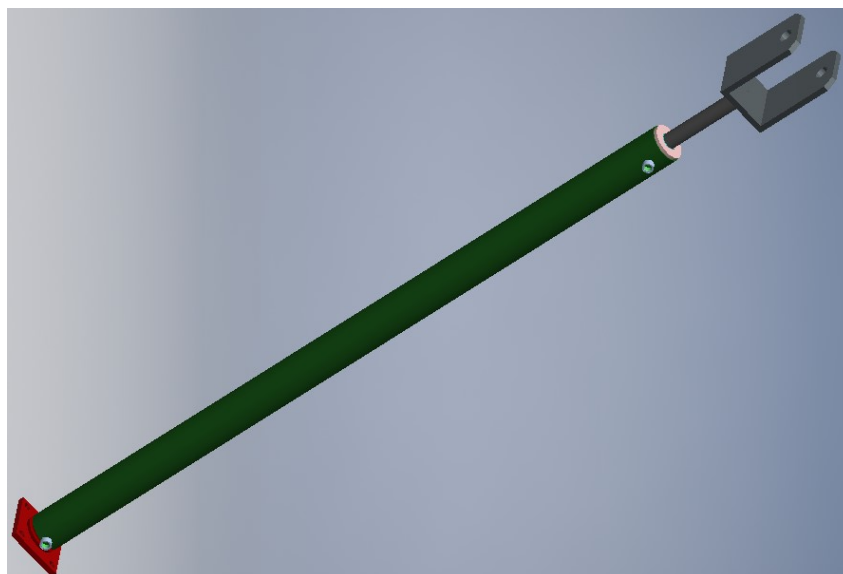
$$n_p = \frac{S_{ch}}{2 \cdot B8} = \frac{0,39}{2 \cdot 0,0225} = 8,76[-] \quad (5.26)$$

### 5.7.6 Výpočet rezervy chladiče

$$R_{ch} = 100 - \left( \frac{n_p}{\frac{n_z}{100}} \right) = 100 - \left( \frac{8,76}{\frac{20}{100}} \right) = 56\% \quad (5.27)$$

Rezerva chladiče je dostačující, žádoucí je aby  $R_{ch} > 50\%$ .

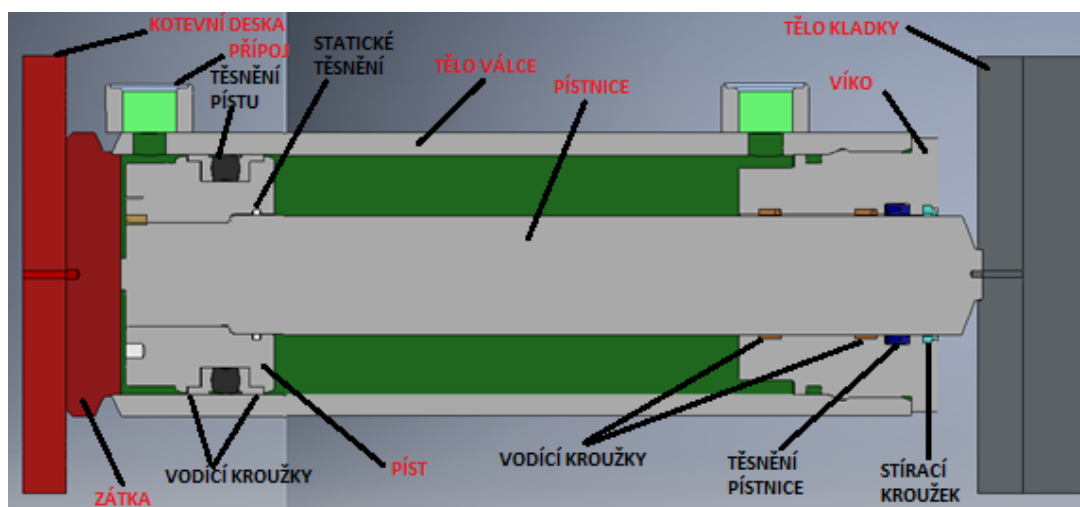
## 6. Výrobní dokumentace



Obr. 29 3D model přímočarého hydromotoru

### 6.1 Technický popis

Přímočarý hydromotor ZH1 (viz. **Obr. 29,30**) přeměňuje tlakovou energii na energii mechanickou. Z hlediska konstrukce nevyžaduje zvláštní požadavky na obsluhu a údržbu. Pro funkci bez závad je nutno se řídit provozními a technickými podmínkami. Přímočarý hydromotor ZH1 je sestaven z přesně opracované trubky s vnitřním průměrem v toleranci H8. Na trubce jsou navařeny připojovací hrdla pro vstup tlakového oleje s vnitřním závitem a zátka společně s kotevní deskou. Víko je spolu s těsníci prvky našroubováno do trubky pláště válce. Na broušené – leštěné a chromované pístní tyči rozměrové tolerance f7 je z jedné strany navařeno tělo kladky a druhý konec tyče je osazen pístem [20].

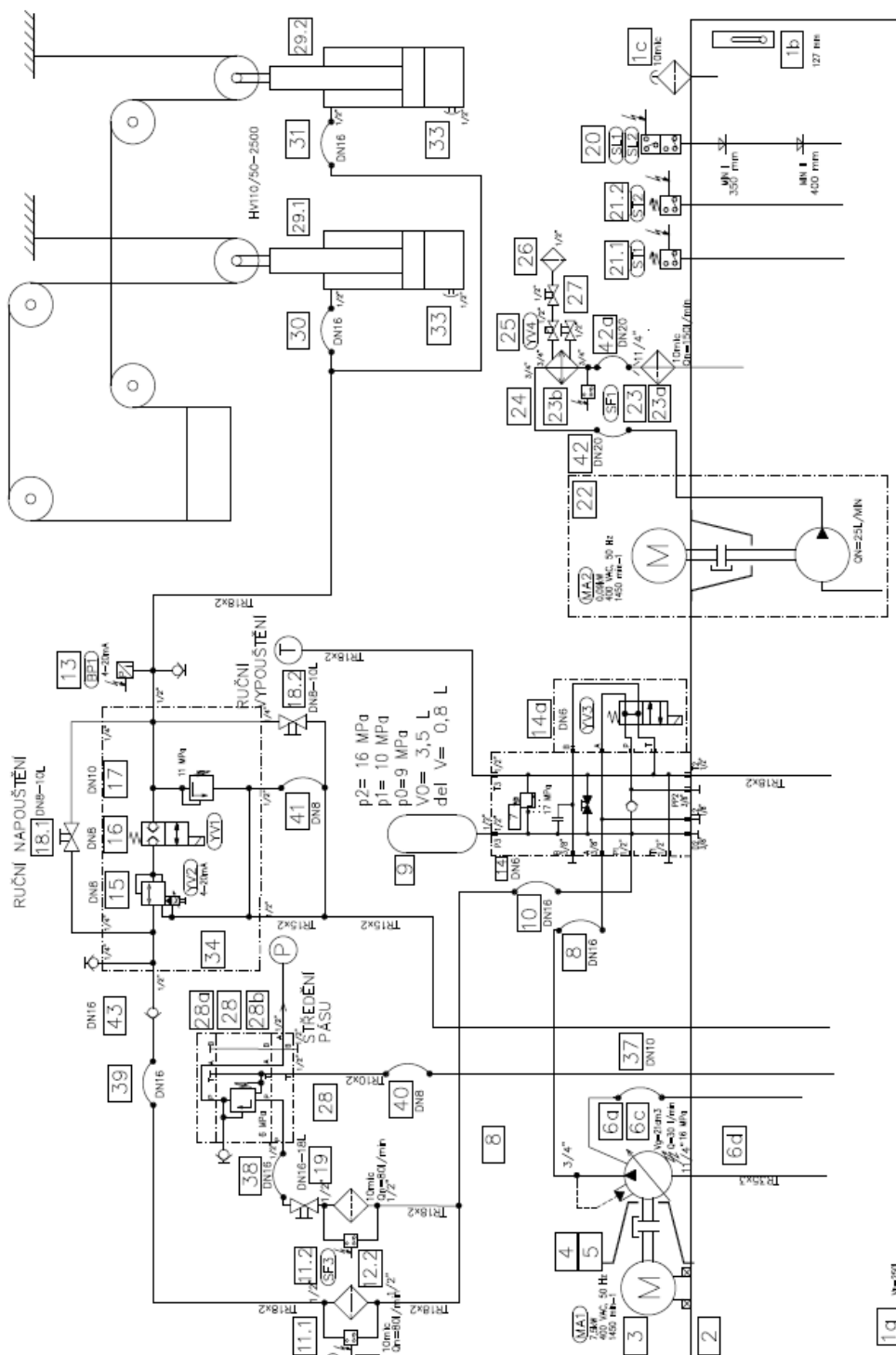


Obr. 30 Popis jednotlivých částí přímočarého hydromotoru

## 7. Obsluha a údržba zařízení

Hydraulický agregát (viz. **Obr. 31**) je zdrojem tlakové energie. Je vybaven veškerými ovládacími a kontrolními prvky a jeho připojení ke stroji lze provést pomocí hadic, či ocelovými bežešvými trubkami.

### 7.1 Funkční schéma



Obr. 31 Funkční schéma agregátu

## 7.2 Specifikace prvků

POZ.	NÁZEV PRVKU	TYP	POZ.	NÁZEV PRVKU	TYP	KS	DODAVATEL
1a	Nádř	NG250	15	Proporc. Red. Ventil	EPRV3-10 30-0-00	1	EATON
1b	Stavoznak	SNA127 B-S-T-12					
1c	Vzduchový filtr	SMBB-80-S-0-10-0-C-S150-0	16	Solenoidový ventil	SBV11-8-C-0-00	1	EATON
2	Krycí víko agregátu	v.č.	17	Pojistný ventil	RV3-10-S-0-36	1	EATON
3	Elektromotor	4AP 132 M-4	18	Kulový vetnil	BKH10L 081113	2	Pister
4	Příruba		19	Kulový ventil	BKH 18L 161113	1	Pister
5	Spojka	Spidex A28/38.38H7-22.22H7	20	Hladinoměř	TYP03P H1-350 H2-400 zapD	1	VDI Obzor
6a	Hydrogenerátor	A37-F-R-01-H-K-32	21	Termostat	TH143	2	Metra
6c	Příruba výtlač	4-HI10 323-3/4"	22	Hydrogenerátor chlazení	3COA2-27	1	EMP Brno
6d	Příruba sání	4-HI10 323-11/4"					
7	Pojistný ventil	VPP2-06-SV25	23	Zpětný filtr	MPF1811AG1+P10NBP01	1	MP Filtry
8	Hadice výtlač	2SC16-740 DKOL90-18L/DKOL90-18L/0-90	23a	Filtrační vložka	MF1811P10NB	1	MP Filtry
9	Akumulátor	MEAK3,5-250	23b	Snímač zanesení	BEA15HA50P01	1	MP Filtry
10	Hadice výtlač	2SC16-770 DKOL90-18L/DKOL45-18L/0-120	24	Vodní chladič	B8THx20	1	Swep
11	Filtr tlakový	FMM501BAC +A10NP01	24a	Spona chladice	FK B8	1	Swep
12	Spínač zanesení filtru	E7	25	Vodní ventil	8324VN011S	1	Ceme
13	Tlakový snímač	PT5401	26	Filtrační sítko	1/2"	1	Interfluid
14	Hydraulický blok	ZB06A-21	27	Kulové ventily - voda	1/2"	2	Interfluid
14a	Rozvaděč odlehčení	RPE3-062H11 02400 E1K1	28	Redukční ventil	ZDR6 DP2-43/210YM	1	Rexroth
			28a	Krycí deska	DK1-06/32-3	1	Interfluid
			28b	Připojovací deska	PD06-C1-AL	1	Argo-Hytos

POZ.	NÁZEV PRVKU	TYP	KS	DODAVATEL
29	Hydraulický válec	HV110/50-2500	2	Interfluid
30	Hadice	2SN16-XXX DKOL18L/DKOL18L	1	Interfluid
31	Hadice	2SN16-XXX DKOL18L/DKOL18L	1	Interfluid
32	Čistící víko	RD 324 V6	1	TOS
33	Tlumič hluku 1/2"	NSFG50S	2	Stranský a Petržík
34	Blok	2-HI 17 620	1	Interfluid
35	ŘÍDÍČÍ ELEKTRONIKA	EHH-AMP-702-K-R-P-1-30	1	Eaton
36	Zpětný ventil	RD18L	1	EMB
37	Hadice lekáž	2SC10-600 DKOL45-12L/DKOL12L	1	Interfluid
38	Hadice výtlač	2SC16-740 DKOL90-18L/DKOL90-18L/0-90	1	Interfluid
39	Hadice výtlač	2SC16-1050 DKOL90-18L/DKOL90-18L/0-90	1	Interfluid
40	Hadice	2SC8-320 DKOL90-10L/DKOL45-10L/0-180	1	Interfluid
41	Hadice	2SC8-170 DKOL90-10L/DKOL-10L	1	Interfluid
42	Hadice chladič	1SN20-420 DKOL22L/DKOL22L	1	Interfluid
42A	Hadice chladič	1SN20-340 DKOL22L/DKOL22L	1	Interfluid
43	Zpětný ventil	RD18L	1	EMB

Obr. 32 Tabulky specifikace prvků



### 7.3 Popis agregátu

- **Nádrž**

Nádrž je svařovaná z ocelových plechů. Horní část tvoří ocelové krycí víko, na němž jsou instalovány jednotlivé prvky agregátu. Dále je nádrž vybavena čistícím víkem. Z boku nádrže je umístěn průhledný stavoznak. Na stavoznaku je nejnižší přípustná hladina označena červenou ryskou, maximální černou ryskou. Vzdálenost těchto dvou rysek je  $127\text{ mm}$ .

- **Zdroj tlaku**

Zdroj tlaku zajišťuje regulační hydrogenerátor s regulací na konstantní tlak. Hydrogenerátor seřízen na geometrický objem  $V_g = 21\text{ cm}^3$ . Užitečný průtok při otáčkách  $n = 1450\text{ min}^{-1}$  je  $Q_g = 30\text{ dm}^3/\text{min}$ . Výkon elektromotoru je  $P = 7,5\text{ kW}$ .

- **Akumulátor**

Systém je vybaven vakovým akumulátorem, který zabezpečuje dodávku kapaliny do systému v době nečinnosti hydrogenerátoru po dobu  $t = 2\text{ s}$ . Akumulátor pracuje v rozsahu tlaků  $p_1 = 10\text{ MPa}$  a  $p_2 = 16\text{ MPa}$ . Plnicí tlak je pak stanoven  $p_0 = 9\text{ MPa}$ . Po dobu dodávky 2s akumulátor dodá užitečný objem  $\Delta V_s = 0,8\text{ dm}^3$ . Obejm akumulátoru je  $V_{0\text{real}} = 3,5\text{ dm}^3$ . Vypouštění akumulátoru se provádí ručním ventilem.

- **Kontrolní prvky**

Agregát je vybaven několika kontrolními a ochrannými prvky. Kromě optického stavoznaku je hladina v nádrži hlídána elektrickým stavoznakem:

- Dosažením hladiny MIN I =VAROVÁNÍ, nízká hladina oleje v nádrži.
- Dosažení hladiny MIN II= TOTAL STOP, zastaví elektromotor a nedovolí opětovné spuštění, pokud není dolitý olej.

Kontrolu teploty hlídají dva termostaty. Termostat **ST1** dosáhne-li teplota  $65^\circ\text{C}$ =TOTAL STOP, zastaví elektromotor a nedovolí opětovné spuštění, pokud není teplota oleje snížena. Termostat **ST2** nastavený na  $55^\circ\text{C}$ , slouží při dosažení této teploty jako spínač přívodu chladicí vody do deskového chladiče.

- **Chlazení**

Agregát je vybaven vzduchovým chladičem. Hladič je opatřen ventilátorem MA3 o výkonu  $P=0,05\text{kW}$ . Ventilátor MA3 je ovládán termostatem ST1.

- **Filtrace**

Agregát je vybaven vlastní aktivní filtrací s elektročerpadlem o průtoku  $Q_c=25\text{dm}^3/\text{min}$  a výkonu  $P=0,09\text{kW}$ . Zpětný filtr s filtrační vložkou  $10\text{ }\mu\text{m}$  je opatřen ukazatelem zanesení. Zanesení se projeví tehdy, pokud ručička ukazatele vstoupí do červeného pole. Nádrž je vybavena plnicím otvorem se sítkem  $10\text{ }\mu\text{m}$ . Dále agregát obsahuje v tlakových větvích dva tlakové filtry s elektronickým spínačem zanesení  $10\text{ }\mu\text{m}$ .

- **Rozvodové bloky**

Rozvodné bloky jsou celkem 3:

- Blok akumulátoru s pojistným ventilem a ručním vypouštěním na tento blok je připojen rozváděč odlehčení.
- Blok středění pásu s připojovací deskou, redukčním ventilem a krycí deskou.
- Hlavní řídicí blok s proporcionálním redukčním ventilem, solenoidovým ventilem, pojistným ventilem a elektronickým snímačem tlaku.

#### **7.4 Volné díly:**

Součástí agregátu je potřebné příslušenství:

- Hydraulické válce bez tlumení koncových polohách.
- Sestava hadic a šroubení pro spojení hydraulického agregátu s hydraulickými válci.
- Okapová vana hydraulického agregátu.

### **7.5 Technické parametry:**

Pracovní kapalina	minerální olej HM32 (teplota okolí $15 \div 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )
Stupeň filtrace oleje	zpětný filtr: $10 \text{ }\mu\text{m}$
Elektromotor MA1	výkon $P = 7,5 \text{ kW}$ otáčky $n = 1450 \text{ ot/min}$ napětí: $400 \text{ V/AC}$ frekvence: $50 \text{ Hz}$
Regulační hydrogenerátor HG	dodávané množství: $30 \text{ dm}^3\text{min}^{-1}$ maximální tlak: $25 \text{ MPa}$
Pojistný ventil – akumulátor	nastavitelný rozsah tlaku $6 \div 32 \text{ MPa}^*$ nastaveno na: $17 \text{ MPa}$ .
Pojistný ventil – pracovní	nastavitelný rozsah tlaku $6 \div 32 \text{ MPa}^*$ nastaveno na $11 \text{ MPa}$ .
Redukční ventil – středění pásu	nastavitelný rozsah tlaku $5 \div 20 \text{ MPa}^*$ nastaveno na $6 \text{ MPa}$ .
Pracovní prostředí	halový komplex.

\* Manipulace nastavováním tlaku bez souhlasu zhotovitele může vést ke ztrátě záruky. Při neodborném zacházení může dojít k poškození zařízení.

### **7.6 Uvedení do provozu**

Odběratel po ustavení zařízení a doplnění propojovacích vhodných prvků uvede agregát do provozu. Po přepravě je povinností zkontrolovat usazení dílů, čistotu a pečlivost spojení potrubí. Tlaková kapalina se plní jen přes filtrační zařízení a přes plnicí zátku.

### **Pozor!**

Před prvním startem je nutno ověřit krátkým sepnutím směr otáčení elektromotoru při odlehčeném hydrogenerátoru.

### **Pozor!**

Před prvním spuštěním je nutné provést odvzdušnění systému, včetně hydraulických válců. Odvzdušnění celého systému se provádí v nejvyšším bodě na hydraulických komponentech.

## **7.7 Provozní podmínky hydraulických válců**

- Hydraulické válce daného typu nevyžaduje zvláštní požadavky na obsluhu a provoz.
- montáž HV se musí provádět za podmínek, které vylučují poškození funkčních dílů a zabezpečí ochranu vnitřního prostoru před vniknutím nečistot
- důkladné provedení připojení HV na zdroj tlaku
- pracovní poloha HV je vertikální
- radiální zatížení pístnic vnější silou, nebo jejich rotační pohyb během provozu je nepřípustný
- při provozu dohlížet, aby nedošlo k mechanickému poškození pístnic
- HV nesmí být v koncových polohách zatíženy vnějšími silami nebo silami setrvačných hmot odpovídajícím 1,25 násobku jmenovitého tlaku.
- HV nesmí být vystaveny agresivnímu prostředí, které by snížilo jejich životnost.

## **7.8 Obsluha, ošetřování a údržba**

Pro plnění nádrže se může použít pouze olej uvedený v technických parametrech nebo olej obdobných vlastností. Nádrž se plní pouze přes plnicí otvor s filtračním sítkem nádrže. Hladina oleje se musí pravidelně kontrolovat. Poklesne-li hladina oleje v nádrži pod minimální hladinu, je nutné ho okamžitě doplnit.

## **Pozor!**

Kontrolovat zanesení filtru a kvalitu oleje. Nutno provádět pravidelné kontroly vzorků oleje z hlediska čistoty a opotřebení. První kontrola se provádí po 100 hodinách provozu a následně po každých 700 hodinách provozu zařízení. V závislosti na kontrolách se musí měnit olej.

Filtrace zařízení je na stupni filtrace  $10\mu m$ .

Výměna filtrační vložky provádíme:

- po prvních 700 hodinách provozu
- po každé výměně oleje nebo signalizovaném zanesení filtru
- jestliže dojde k poškození filtrační vložky

Při zjištění velkého obsahu nečistot je potřeba systém prohlédnout a vyčistit.

## **7.9 Požadavky na obsluhu a údržbu**

Osoby, které provádí obsluhu a údržbu zařízení nesmí být pod vlivem omamných a návykových látek.

### **7.9.1 Obsluha zařízení**

Pro obsluhu a dozor zařízení je potřeba zajistit pracovníka pro preventivní prohlídky a běžné údržbářské úkony. Pracovník musí být odborně zaškolen pro danou činnost.

**Zaškolený pracovník musí být seznámen s:**

- funkcí hydraulického obvodu dle hydraulického schématu
- základními znalostmi o údržbě hydraulického zařízení
- bezpečnostními předpisy a zásadami o bezpečnosti práce
- funkcí použitých prvků a způsobem jejich ovládání
- návazností hydrauliky na technologii zařízení

### **Povinnosti pracovníka obsluhy jsou:**

- provádění pravidelných prohlídek zařízení
- ovládání prvků při seřizování
- dohled během provozu
- určení požadavků na údržbu zařízení
- vedení deníku o prováděných opravách hydraulického zařízení

#### **7.9.2 Údržba zařízení**

Údržbu zařízení zajišťuje provozovatel. Mezi hlavní povinnosti provozovatele patří provádění pravidelných preventivních prohlídek. Při zjištění závady je třeba v co nejkratším čase závadu odstranit a uvést zařízení do původního stavu. O všech servisních úkonech a zásazích do zařízení je nutno vést provozní deník.

Údržbu provádí proškolené osoby seznámené se zabudovaným agregátem a prvky. Veškeré opravy na hydraulickém zařízení se provádí po předešlé dohodě s obsluhou.

Před opravou se musí zařízení odstavit z provozu. Je nutné, aby hydraulický obvod byl bez tlaku. Musí se dodržovat příslušné bezpečnostní předpisy.

Po dobu trvání záruční doby je zakázáno provádět jakékoli zásahy nebo úpravy na zařízení bez písemného souhlasu dodavatele, při nedodržení záruka končí. Je doporučeno ke všem zásahům do zařízení i po skončení záruky přivolat pracovníky dodavatele. Možnost objednat u dodavatele stálý servis zařízení včetně pravidelných prohlídek je nejméně 1x za 6 měsíců.

#### **7.10 Zásady pro dodržování bezpečnosti práce**

Při provozu a údržbě zařízení se musí dodržovat příslušné bezpečnostní předpisy a uvedené zásady:

- Obsluhu a údržbu zařízení smí provádět jen proškolené osoby.
- Za správné provedení opravy nebo seřízení je zodpovědná proškolená osoba která daný úkon provedla.

- V prostoru a nejbližším okolí hydraulického zařízení je dovoleno provádět svářečské práce při dodržení všech bezpečnostních opatření a předpisů.
- V prostoru hydraulického zařízení je zakázáno kouření a manipulace s otevřeným ohněm.
- V prostoru hydraulického zařízení je každý pracovník povinen dodržovat všechny všeobecné bezpečnostní předpisy, platné v závodě uživatele.
- Školení pracovníků údržby a obsluhy zařízení jsou prováděny v každoročních intervalech.
- Místa s hrozícím nebezpečím úrazu musí být zřetelně označena.

#### **7.11 Objednávání náhradních dílů**

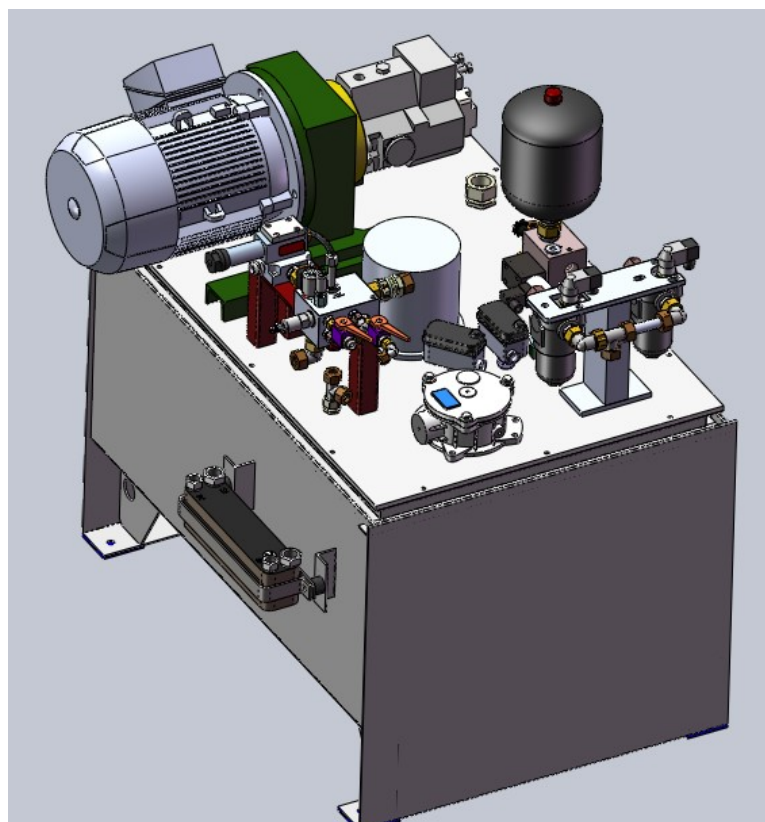
Dle výrobní specifikace je v objednávce nutné uvést:

- Název výrobku
- Typové označení
- Počet kusů
- Číslo pozice na sestavném výkrese
- Termín dodávky a způsob konzervace

#### **7.12 Řešení problémů**

- **Porucha Elektromotor se netočí.**
  - Není elektrický proud
  - není zapnutý hlavní vypínač
  - není zapnuto ovládání motoru
  - vypadnul jistič nebo motorová ochrana
  - zmáčkнутý některý z central stopů.
- **Porucha Elektromotor se točí, ale nedostáváme žádný tlak.**
  - zkontrolujte směr otáčení elektromotoru
  - zkontrolujte nastavení pojistného ventilu.

## 8. Fotodokumentace z realizace projektu



Obr. 33 3D model agregátu [24]



Obr. 33 Realizace agregátu [24]



## 9. Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout pohon napínání pásu pro pneumatiky. Na začátku teoretické části jsem se zaměřil na historický vývoj a výrobu pneumatik. V úvodu praktické části jsem navrhl varianty řešení. V praktické části jsem dle požadavků zvolil řešení pomocí hydraulických válců. Toto řešení se ukázalo ze zvolených variant jako nejlepší. Vybrané řešení jsem zpracoval formou projektu. Po zvolení typu hydraulického válce jsem navrhl dle katalogu jeho rozměry tak, aby splňoval zadané a vypočtené podmínky. Dále jsem dle výpočtů zvolil regulační hydrogenerátor, příslušný elektromotor, akumulátor a chladicí okruh. Dalším bodem praktické části bylo vytvoření výkresové dokumentace přímočarého hydromotoru. V závěru praktické části jsem vypracoval návod na obsluhu a údržbu zařízení.

### **Poděkování:**

Rád bych poděkoval za cenné rady, příspěvky a odborné vedení Dr. Ing. Miroslavu Bovovi.  
Dále bych chtěl poděkovat mé rodině a mé přítelkyni za podporu a zázemí při studiu.

## 10. Literatura

- [1] *Pneu-asistent* [online]. Rokytnice: Novák, 2017 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: [http://www.pneu-asistent.cz/Konstrukce\\_funkce\\_a\\_vyroba\\_pneumatiky.html#vyroba](http://www.pneu-asistent.cz/Konstrukce_funkce_a_vyroba_pneumatiky.html#vyroba)
- [2] *Vynález kola* [online]. Plzeň: Gruber, 2004 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: [www.spstr.pilsedu.cz/osobnistranky/josef\\_gruber/clanky/vyn\\_kola.pdf](http://www.spstr.pilsedu.cz/osobnistranky/josef_gruber/clanky/vyn_kola.pdf)
- [3] ZAMAROVSKÝ, Vojtěch. *Na počátku byl Sumer*. 3. přepracované vydán. Praha: PERFEKT,a.s., 2004. ISBN 80-8046-264-X.
- [4] *Válečné vozy* [online]. -: Rytíř, 2006 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.d20.cz/clanky/kultura/1714.html>
- [5] DOČKAL, KOVANDA, HRUBEC, . *Pneumatiky*. 1.vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01882-2.
- [6] *Historie pneumatiky, dějiny a vývoj pneu technologií* [online]. Praha: Jenda, 2013 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.pneu-jenda.cz/historie-pneumatiky>
- [7] *Konstrukce pneumatiky* [online]. Sajdl, b.r. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/konstrukce-pneumatiky/>
- [8] *Technické parametry - katalogy* [online]. Nýřany: MD-Line, b.r. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.md-line.cz/technicke-parametry/>
- [9] *Nezapoměňte přezout včas na letní pneu* [online]. Praha: Žena v autě, 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.zenavaute.cz/nezapomente-prezout-vcas-na-letni-pneu/>
- [10] *Značení pneumatik* [online]. Brno: AUTO - PNEU SERVIS GOLEM, 2011 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://servispneumatik.cz/znaceni-pneumatik-a204>

- [11] *ZNAČENÍ PNEUMATIK* [online]. Vítkov: Štěpán Hutník, 2018 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://pneuvitkovhutnik.cz/vse-o-nakupu/>
- [12] MECHL, MUŠINSKÝ A KOL, . *Gumárenská technologie v Barum Continental spol. s.r.o.* Zlín: COP Zlín, 2011. ISBN 978-80-905002-2-8.
- [13] MARCÍN, ZÍTEK, . *Pneumatiky*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1985.
- [14] FRANTA, IVAN, . *Gumárenská technologie II : Zpracování kaučukových směsí a vlastnosti pryže*. 2.vydání. Praha: SNTL, 1969.
- [15] *Gumárenské výrobky* [online]. MALÁČ, 2005 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/text/vyrobky.pdf>
- [16] *Gumárenské výrobní procesy* [online]. Maláč, 2005 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/text/procesy.pdf>
- [17] JAHIELKA, . *GUMÁRENSKÉ A PLASTIKÁŘSKÉ STROJE*. Praha: SNTL, 1969.
- [18] OLŠOVSKÝ, VAJDOVÁ, STRAPKO, . *Gumárenské výrobky a výroby*. Púchov: Trenčianska univerzita Alexandra Dubčeka, 2004. ISBN 80-8075-028-9.
- [19] *Výroba pneumatik* [online]. Praha: Dopravní Noviny, 2005 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.dnoviny.cz/silnicni-doprava/vyroba-pneumatik2335>
- [20] *HydrauliCS* [online]. Sehradice: HYDRAULICS s.r.o., 2011 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.hydraulics.cz/>
- [21] *VYBO ELECTIRC* [online]. Vybo electric, b.r. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: [www.elektro-motor.cz](http://www.elektro-motor.cz)
- [22] *YUKEN* [online]. Yuken Hydraulics, b.r. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://yuken.cz/>

- [23] *Hydraulika-základy a komponenty* [online]. Sulzbach: HYDAC, 2013 [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.hydac.com/de-en/start.html>
- [24] *INTERFLUID* [online]. Bova, b.r. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://interfluid.com/>
- [25] *EATON* [online]. Eaton [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.eaton.com>
- [26] *ARGO-HYTOS* [online]. Argo-hytos [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.argo-hytos.com>
- [27] *SWEP* [online]. Swep [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://www.swep.net/products/b8t/>
- [28] *EMP* [online]. EMP elektrické pohony [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <http://www.emp.cz/empsl/coatp.htm>
- [29] SIVÁK, V. *Projektování hydraulických systémů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1990. 333 s. ISBN 80-7078-037-1.
- [30] *VM hydraulik* [online]. Svratka: VM hydraulik, 2016 [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <http://www.vmhydraulik.cz/>

## **Přílohy**

Příloha A – Funkční schéma hydraulického obvodu – BAJ-P01

Příloha B – Specifikace prvků – BAJ-P02

Příloha C – Výkres: Sestava přímočarého hydromotoru – BAJ-S01

Příloha D – Výkres: Svařenec trubky – BAJ-S02

Příloha E – Výkres: Svařenec pístnice – BAJ-S03

Příloha F – Výkres: Vstup – BAJ-D01

Příloha G – Výkres: Kotevní deska – BAJ-D02

Příloha H – Výkres: Tělo klady – BAJ-D03

Příloha I – Výkres: Pístnice – BAJ-D04

Příloha J – Výkres: Trubka – BAJ-D05

Příloha K – Výkres: Píst – BAJ-D06

Příloha L – Výkres: Víko – BAJ-D07

Příloha M – Výkres: Zátka – BAJ-D08